

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Evaluación de material particulado en el área de operaciones

Mina de la compañía minera Miskimayo

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial.

Elaborado por

Bryant Jhon Manuel Romero León

 [0009-0007-8731-6241](https://orcid.org/0009-0007-8731-6241)

Asesor

MSc. Rosa Amparo Becerra Paucar

 [0000-0002-7406-5072](https://orcid.org/0000-0002-7406-5072)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Romero León [1]
Referencia/Reference	[1] B. Romero León, “ <i>Evaluación de material particulado en el área de operaciones Mina de la compañía minera Miskimayo</i> ” [Trabajo de Suficiencia Profesional de Pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Romero, 2025)
Referencia/Reference	Romero, B. (2025). <i>Evaluación de material particulado en el área de operaciones Mina de la compañía minera Miskimayo</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado para mi familia y las personas que siempre confiaron en mí, que siempre me incentivaron a seguir adelante y me apoyaron en todo momento.

Agradecimientos

Antes que nada, agradecer a Dios por darme la oportunidad de ingresar a la UNI y comenzar toda esta aventura, a mi familia que siempre está presente en mi vida apoyándome en todo momento, a mis abuelitos que ya no están en vida pero que confiaron en mi desde pequeño.

Resumen

En el presente tema se evalúa la exposición ocupacional de los agentes presentes en el ambiente, tanto de Polvo Respirable, así como Inhalable en el área de Operaciones Mina; mostrando las respectivas evaluaciones cuantitativas en el año 2018. Para las evaluaciones en el caso del agente Polvo Respirable se considera referencialmente a la norma internacional NIOSH 0600, y para el caso de Polvo Inhalable se considera referencialmente a la norma internacional NIOSH 0500. Encontrándose un nivel de bajo riesgo en las diferentes evaluaciones realizadas para cada puesto de trabajo. Sugiriendo que el personal pueda continuar laborando en las condiciones encontradas, haciendo uso de la protección respiratoria a modo preventivo.

Palabras clave - agentes ambientales, polvo respirable, polvo inhalable, riesgo.

Abstract

This Thesis evaluates occupational exposure to agents present in the environment of both Respirable and Inhalable Dust in the area of Mining Operational Management; showing the respective quantitative evaluations in the year 2018. For the evaluations in the case of the Respirable Dust agent, the international standard NIOSH 0600 is considered referentially, and in the case of Inhalable Dust it is considered referentially to the international standard NIOSH 0500. Finding a level low risk in the different evaluations carried out for each job position. Suggesting that personnel can continue working in the conditions found, using respiratory protection as a preventive measure.

Keywords - environmental agents, respirable dust, inhalable dust, risk.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	1
1.3 Objetivos del estudio	1
1.3.1 Objetivo general	1
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Antecedentes investigativos	2
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	5
2.1 Marco teórico	5
2.2 Marco conceptual	10
2.2.1 Normativa nacional.....	10
2.2.2 Normativa internacional	10
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	11
3.1 Actividades preliminares.....	11
3.2 Grupo de exposición similar (GES).....	11
3.3 Número de muestras por GES (n)	12
3.4 Metodología de medición de material particulado	13
3.5 Límite máximo permisible por agente	13
3.6 Equipo utilizado por agente	14
3.7 Cálculo del UCL de la exposición del GES	14
3.8 Categorización de los niveles de exposición	14

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	16
4.1 Resultados de las concentraciones e índices de exposición	16
4.1.1 Polvo respirable.....	16
4.1.2 Polvo inhalable	19
4.2 Resultado de test de shapiro-wilk.....	21
4.2.1 Polvo respirable.....	22
4.2.2 Polvo inhalable	25
4.3 Plantilla IHSTAT con los resultados del GES	28
4.3.1 Polvo respirable.....	28
4.3.2 Polvo inhalable	36
4.4 Resumen de los resultados	44
4.4.1 Polvo respirable.....	44
4.4.2 Polvo inhalable	44
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	50
Referencias bibliográficas	51
Anexos.....	55

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: GES para la evaluación	12
Tabla 2: Tamaño de la muestra.....	12
Tabla 3: Límites máximos permisibles para exposición a partículas de polvo.....	13
Tabla 4: Equipos de monitoreo de polvo respirable e inhalable	14
Tabla 5: Categorización de los niveles de exposición.....	15
Tabla 6: Resultado de polvo respirable – operador de camión	16
Tabla 7: Resultado de polvo respirable – operador de cargador frontal.....	16
Tabla 8: Resultado de polvo respirable – operador de motoniveladora	17
Tabla 9: Resultado de polvo respirable – operador de tractor oruga	17
Tabla 10: Resultado de polvo respirable – operador de excavadora	17
Tabla 11: Resultado de polvo respirable – operador de pala.....	18
Tabla 12: Resultado de polvo respirable – operador de tractor sobre ruedas.....	18
Tabla 13: Resultado de polvo respirable – superintendente de mina.....	18
Tabla 14: Resultado de polvo inhalable – operador de camión	19
Tabla 15: Resultado de polvo inhalable – operador de cargador frontal	19
Tabla 16: Resultado de polvo inhalable – operador de motoniveladora.....	19
Tabla 17: Resultado de polvo inhalable – operador de tractor oruga.....	20
Tabla 18: Resultado de polvo inhalable – operador de excavadora.....	20
Tabla 19: Resultado de polvo inhalable – operador de pala	20
Tabla 20: Resultado de polvo inhalable – operador de tractor sobre ruedas	21
Tabla 21: Resultado de polvo inhalable – superintendente de mina	21
Tabla 22: Resultados estadísticos de polvo respirable de los GES	44
Tabla 23: Resultados estadísticos de polvo inhalable de los GES.....	44

Lista de Figuras

Pág.

Polvo Respirable

Figura 1: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de camión.	22
Figura 2: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de cargador frontal.....	22
Figura 3: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de motoniveladora.	22
Figura 4: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor oruga.	23
Figura 5: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de excavadora.	23
Figura 6: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de pala.....	24
Figura 7: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tr. sobre ruedas.....	24
Figura 8: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – superintendente de mina.....	24

Polvo Inhalable

Figura 9: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de camión	25
Figura 10: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de cargador frontal.....	25
Figura 11: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de motoniveladora	25
Figura 12: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor oruga	26
Figura 13: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de excavadora.	26
Figura 14: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de pala.....	26
Figura 15: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tr. sobre ruedas.....	27
Figura 16: Resultado de Test de Shapiro-Wilk – superintendente de mina.....	27

Polvo Respirable

Figura 17: Plantilla IHStat – Operador de camión.....	28
Figura 18: Plantilla IHStat – Operador de cargador frontal.	29
Figura 19: Plantilla IHStat – Operador de motoniveladora.	30
Figura 20: Plantilla IHStat – Operador de tractor oruga.	31
Figura 21: Plantilla IHStat – Operador de excavadora.....	32

Figura 22: Plantilla IHStat – Operador de pala.	33
Figura 23: Plantilla IHStat – Operador de tractor sobre ruedas.	34
Figura 24: Plantilla IHStat – superintendente de mina.	35
Polvo Inhalable	
Figura 25: Plantilla IHStat – Operador de camión.....	36
Figura 26: Plantilla IHStat – Operador de cargador frontal.	37
Figura 27: Plantilla IHStat – Operador de motoniveladora.	38
Figura 28: Plantilla IHStat – Operador de tractor oruga	39
Figura 29: Plantilla IHStat – Operador de excavadora.	40
Figura 30: Plantilla IHStat – Operador de pala.	41
Figura 31: Plantilla IHStat – Operador de tractor sobre ruedas.	42

Introducción

El estudio de agentes ambientales orientado al reconocimiento y la evaluación, principalmente cuantitativa, de los agentes ambientales, representa el cumplimiento de las etapas en reconocimiento y evaluación de los riesgos ambientales del Programa de Prevención Ambiental o del Programa de Gestión presentando el origen y la intensidad o concentración del agente ambiental, así como la indicación de medidas de control dirigidas a la eliminación, la neutralización o la reducción de exponerse a los agentes ambientales en todas las áreas de trabajo, usando la tecnología de protección del trabajador, es decir, medidas de ingeniería, complementadas con medidas administrativas y de organización del trabajo e incluso de carácter individual.

La etapa de reconocer agentes del ambiente y de exponerse en el área de trabajo consiste en la investigación preliminar de los posibles riesgos ambientales existentes en los locales de trabajo, a través del análisis de materias primas, productos, subproductos, máquinas, equipos y herramientas utilizados, así como de las instalaciones y de los procesos de trabajo, considerando también la visión de los trabajadores.

La etapa de evaluación cuantitativa donde los trabajadores se exponen a los agentes ambientales es analizar las propiedades del agente tales como la intensidad la concentración, y tiempo de exponerse a este agente, para considerar los posibles problemas en la salud de los empleados.

Las etapas de reconocimiento y evaluación cualitativa fueron realizadas por el equipo técnico de Plan Vital, utilizando el Análisis inicial de Riesgos para la Higiene en el trabajo (APR-HO), el cual sirvió con el fin de realizar las evaluaciones cuantitativas del programa anual de evaluaciones de Higiene en el presente tema tratado.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

En el presente capítulo se hace mención del planteamiento de la problemática, además, de los objetivos, tanto generales como específicos, así como también, los antecedentes que se utilizaron para desarrollar el presente trabajo.

1.2 Descripción del problema de investigación

El material particulado es un gran problema de contaminación en el entorno minero. Este entorno está expuesto siempre a multitud de actividades. Las actividades de minería, mantenimiento o procesamiento pueden provocar la liberación de partículas de polvo al aire. La exposición al polvo en las minas y canteras es un gran problema que incide en la salud de los empleados.

Respirar polvos de sílice y otros tipos de materiales finos, podría causar problemas de salud a los pulmones y en la respiración. El riesgo para la salud varía según el tamaño y la naturaleza de las partículas de polvo.

El exponerse a este polvo podría hacer que cause irritación a los ojos, cualquier parte de la piel e incluso al sistema de respiración y al exponerse bastante tiempo puede causar gran variedad de riesgos a los pulmones tales como la temible silicosis, que afecta a los pulmones y podría causar cáncer.

Entonces, por lo antes expuesto, es importante y necesario determinar lo siguiente:
¿Existe riesgo de exposición de material particulado de polvo respirable e inhalable en el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo?

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 *Objetivo general*

Determinar si existe riesgo de exposición ocupacional en el trabajo, tanto Polvo Respirable, así como Inhalable en el área de operaciones mina de la Compañía Minera Miskimayo en Bayóvar,

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener el nivel de riesgo tanto para polvo respirable, así como inhalable en el área de operaciones mina de la Compañía Minera Miskimayo en Bayóvar.
- Determinar la concentración en mg/m³ de polvo respirable, así como inhalable, en el área de operaciones mina de la Compañía Minera Miskimayo en Bayóvar.
- Determinar con un nivel de confianza elevado UCL (Upper Confidence Limit, según estándar NIOSH 77-173), la exposición promedio de polvo respirable, así como inhalable en el área de operaciones mina de la Compañía Minera Miskimayo en Bayóvar.

1.4 Antecedentes investigativos

- A nivel nacional

Varios factores determinan en referencia a la salud al exponerse a polvos mineros metalíferos y además no viene a ser el único factor determinante en cuanto a los resultados de la salud luego de exponerse. El propósito de esta investigación es el de resaltar los avances recientes en la comprensión del peligro que plantea el polvo de las minas metalíferas y ampliar una perspectiva de riesgo para la salud. El peligro que representan los polvos metalíferos depende no sólo de su abundancia y tamaño de partículas, sino también de otras propiedades como la composición química, la solubilidad, la forma y el área de superficie, que tienen importancia en los efectos asociados sobre la salud. Un mejor entendimiento de mecanismos que traen consecuencias como la toxicidad, aunque avances muy recientes en el entendimiento de las especies reactivas de oxígeno pueden ayudar en el desarrollo de modelos mejorados para respaldar las evaluaciones de riesgos. (SGS, 2022).

Los resultados del análisis en las muestras de polvo de minería respirable. y no sílice, muestran que los trabajadores en las minas subterráneas tienen un mayor riesgo de exposición al polvo de mina respirable que los mineros que trabajan a cielo abierto. En cuanto al agrupamiento del polvo de sílice respirable, las minas a cielo abierto tienen un mayor agrupamiento de polvo de sílice respirable. En las minas a cielo abierto, el

agrupamiento de polvo de mina respirable son mayores en tamaño mediano que en las minas subterráneas. Aún no se hacen investigaciones sobre la influencia de más factores mineros acerca del agrupamiento de sílice respirable. Este estudio hizo un esfuerzo por investigar los factores que contribuyen a las concentraciones de polvo de mina respirable y polvo de sílice cristalina respirable en las minas subterráneas y a cielo abierto. Se revisa la literatura para extraer datos confiables e investigar en estudios anteriores. Esto proporciona conocimientos más profundos sobre el resurgimiento de las enfermedades pulmonares de los trabajadores. En este estudio se han investigado las razones del aumento de la exposición al polvo en las minas utilizando un modelo multivariable. Los resultados indican una concentración de polvo de mina respirable significativamente mayor en las minas subterráneas, mientras que al concentrarse la sílice respirable esta viene a ser mayor en las minas a cielo abierto. Además, las vetas de las minas subterráneas muestran que no hay valores positivos para la concentración de polvo de mina respirable. En cambio, las minas a cielo abierto muestran una exposición significativa al polvo de mina respirable tanto en el subsuelo como en el suelo. (Robles, 2020).

- A nivel internacional

Con la información obtenida no es muy seguro la no aparición de problemas en cuanto a que se mantenga en buen estado la respectiva salud de los trabajadores, mayormente por las emisiones contaminación y se requiere la inclusión de cierto planeamiento explicativo para la realización de una mejor técnica de recolección (para cantidades promedio de generación de polvo). La administración de limpieza del aire, de partículas de polvo es una situación actualmente presente y en la cual los requerimientos de calidad se incrementan. (Revista minería, 2023).

Para la mitigación de material particulado se debe disminuir la elevación desde donde se hacen los vaciados de material respectivo, limpiar las llantas, colocar protectores en las fajas o áreas para almacenar los materiales, o realizar el ingreso más lento de los camiones, son otras formas de diferentes actividades de reducción de material particulado que se pueden aplicar en un entorno minero. La adecuada administración y ejecución de

los controles de disminución de emisiones podrían ser de gran ayuda para bajar las medidas de contaminantes alcanzando el 80%. (Meteo SIM, 2019).

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

Tipos de respiradores utilizados en Minas. Los operadores de minas generalmente eligen respiradores de media máscara, máscaras contra el polvo o cascos de aire equipados con filtros de partículas. Los respiradores de media máscara y las máscaras contra el polvo son convenientes para entornos reducidos. Los cascos antiaéreos son adecuados cuando hay más espacio disponible. (Nivelo y Ugalde, 2011)

Respiradores de media máscara con filtro reemplazable. Los respiradores de media máscara con filtro reemplazable también conocidos como media máscara reutilizable, consisten en una unidad de soporte de filtro, fabricada de plástico o caucho moldeado, que contiene válvulas de admisión y escape. Se utiliza goma blanda para formar una pieza facial alrededor de la unidad portafiltro, que forma un sello contra la cara del usuario. Este sello evita que el aire cargado de polvo pase por alto el filtro cuando el usuario inhala. Si el sello de la máscara es hermético, el respirador debe eliminar el 90% o más del polvo respirable. Todos deben estar aprobados por NIOSH según los requisitos de 42 CFR 84. (Federal Register, 2006))

Los respiradores con filtro reemplazable de media máscara y las máscaras contra el polvo se clasifican como “respiradores purificadores de aire” (APR); El casco de aire está clasificado como un “respirador purificador de aire motorizado” (PAPR) porque funciona con un pequeño ventilador. Aunque los respiradores de media máscara con filtro reemplazable realizan un trabajo razonable de eliminación de polvo cuando el sello de la máscara es hermético, el sello ocasionalmente puede causar irritación de la piel. Estos respiradores también interfieren con la conversación y pueden interferir con los anteojos o gafas protectoras.

Hay muchos tipos diferentes de materiales filtrantes disponibles para los respiradores de media máscara. Algunos materiales filtrantes se degradan con la neblina

de aceite. Los cartuchos filtrantes reemplazables se designan según su nivel de resistencia al aceite, de la siguiente manera:

- Los filtros tipo N no resisten al aceite; los filtros tipo R si resisten el aceite hasta un turno; y los filtros tipo P son a prueba de aceite,
- Para polvos minerales como sílice, cualquiera de estos tipos de filtros es satisfactorio. Algunas minas tienen fuentes de neblina de petróleo; los más comunes son los taladros de percusión.

Estas minas deberían utilizar filtros tipo R o tipo P.

La eficiencia de recolección de polvo (o niebla) de los materiales filtrantes también varía; la eficiencia se especifica junto con la resistencia al aceite. Los cartuchos de filtro están disponibles en tres niveles de eficiencia: 95%, 99% y 99,97%, designado como 95, 99 y 100. Por ejemplo, un filtro N95 tiene una eficiencia del 95%; un filtro N100 tiene una eficiencia del 99,97%. (Monier, 2022)

Esto se debe a que las eficiencias de los filtros especificadas se miden utilizando el tamaño de las partículas que tienen más probabilidades de atravesar los filtros: aproximadamente 0,3 μm de diámetro. La mayor parte del polvo respirable es más grande, lo que facilita su filtración. Por lo tanto, un filtro con una eficiencia del 95% para partículas de 0,3 μm exhibirá una eficiencia mucho mayor para el polvo respirable. (Duarte y Destephen, 2023)

Los tipos de filtros más adquiridos son los N95 y los P100. Los filtros tipo 95 suelen tener un coste menor y una menor resistencia a la respiración que los filtros tipo 100. Si bien la eficiencia de los filtros puede ser muy alta, no se considera que los trabajadores estén protegidos con el mismo grado de eficiencia. Por ejemplo, la eficiencia empírica para los respiradores de media máscara es del 90% para los respiradores que se ajustan bien. (Rodríguez, 2021). Esto es menor que la eficiencia del filtro porque generalmente ocurre alguna fuga en el sello contra la cara del usuario. Por ejemplo, los números de eficiencia citados en los catálogos de respiradores solo se refieren a la eficiencia del filtro.

En el programa de evaluación se probaron respiradores de media máscara en cuatro secciones de pared larga. La exposición al polvo de los trabajadores se redujo en un 92%.

Máscaras antipolvo. Las máscaras antipolvo (también conocidas como respiradores con máscara filtrante) tienen un diseño más liviano y simple que los respiradores de media máscara. Toda la mascarilla está fabricada con material filtrante de forma similar a la mascarilla quirúrgica. Las máscaras antipolvo ofrecen algunas ventajas en comparación con los respiradores con filtro reemplazable. En particular, son más cómodos y no requieren mantenimiento. Sin embargo, las máscaras contra el polvo generalmente no forman un sello tan hermético contra la cara del usuario como las medias máscaras con sellos de goma suave. Como resultado, suelen ser mucho menos eficaces que las medias máscaras.

Las máscaras antipolvo están certificadas por NIOSH según las pruebas de certificación de respiradores 42 CFR 84. Estos estándares solo requieren una prueba del material del filtro y no evalúan qué tan bien se sella la mascarilla contra la cara del usuario. Como resultado, esta certificación no garantiza que la mascarilla funcione bien. En un estudio reciente sobre máscaras contra el polvo, la reducción promedio de polvo fue de 67%. (Ministerio de Salud, 2020)

En la industria minera, los respiradores de media máscara se utilizan mucho más que las máscaras contra el polvo porque su eficiencia de reducción de polvo es mucho mayor.

La cifra de 67% para las máscaras antipolvo es baja en comparación con otros tipos de respiradores, pero sigue siendo mejor que la reducción de polvo producida por muchos controles de ingeniería.

Aunque los cascos para aire son ligeramente más grandes y pesados que los cascos convencionales (normalmente pesan alrededor de 1 kilo), la aceptación por parte del usuario ha sido favorable en muchas minas de roca dura.

Un pequeño ventilador está montado en la parte trasera del casco para aspirar el aire cargado de polvo a través de un sistema de filtrado. El aire filtrado se dirige detrás de una visera integral y sobre la cara del usuario. El aire sale del casco por la parte inferior de la visera. Se proporcionan sellos faciales a lo largo de ambos lados de la visera para limitar la contaminación del aire exterior. El ventilador funciona externamente mediante una batería recargable que se lleva en el cinturón del minero. La vida útil del filtro varía de uno a ocho turnos dependiendo del nivel de polvo en el lugar de trabajo. (Parobeck, 2021).

La efectividad del casco antiaéreo depende en parte de la velocidad del aire de la mina fuera del casco y de la dirección del impacto del aire sobre el casco (Cecala, 2021), porque las altas velocidades del aire empujan las partículas de polvo más allá de los sellos frontales. Por ejemplo, en un frente de muro largo con una velocidad del aire de menos de 400 pies/min, los cascos de aire redujeron el polvo respirable en un promedio del 84%. Sin embargo, en otro tajo largo con una velocidad del aire de 1200 pies/min, el casco neumático no fue tan efectivo; La reducción de polvo promedió el 49%. En ambos casos, el muestreo incluyó algunos períodos en los que se levantó la visera. Levantar la visera reduce la eficacia del casco. (Moreno, Cañada y Méndez, 2020)

Colocación, verificación del sello y mantenimiento. Al ponerse el respirador, el usuario debe seguir las directrices de la fábrica. La comodidad es tan importante como un cierre hermético. Es posible que el usuario necesite probar respiradores de diferentes tamaños o flujo de aire para el sellado. En la mayor parte de equipos respiradores, esta técnica de probar fugas necesita que el empleado saque el protector de la llave de expulsión antes de cerrar esta llave. (Yabar, Rojas y Tinoco, 2020)

Efectos del mineral particulado. Los efectos de la presencia de mineral particulado inciden tanto en que se mantengan saludables los empleados como en la producción.

Efectos de la salud en los trabajadores. Un gran problema que aparece frecuentemente es la Silicosis debido al material particulado suspendido en los ambientes de trabajo.

La silicosis pulmonar es incurable produciendo insuficiencia respiratoria. El material particulado se acumula con el tiempo dificultando la respiración. (Díaz y Paez, 2006)

La presencia de sílice en el aire es común en las minas debido a la perforación, voladura, carguío, conminución de minerales y en las demás operaciones.

Para la prevención de la Silicosis se recomienda:

- La perforación debe ser en húmedo.
- No generar exceso de polvo cuando se manipule el mineral.
- Humectar con agua en forma de neblina después de realizar el disparo.
- Usar el protector respectivo cuando este expuesto al material particulado.

(Ministerio de Salud, 2019).

Efectos en la infraestructura. El material particulado en suspensión ocasiona corrosión en los equipos y en las estructuras, aumentando los costos de mantenimiento. (Universidad Complutense de Madrid, 2020).

Monitoreo de la Contaminación. Monitores, detectores de gases tóxicos, sensores de temperatura, presión y nivel de humedad, y estaciones completas de requerimiento de flujo de aire de mina (MAQS).

La tecnología avanzada que mide partículas, incluidos aerosoles y polvo dentro de un área designada, incluye muestreo gravimétrico, dispersión de luz, atenuación beta y TEOM (microbalanza oscilante de elemento cónico).

Las mediciones precisas y en tiempo real del polvo de las minas son fundamentales para proporcionar datos al minero y minimizar su exposición al polvo. Los monitores de polvo personales ayudan a garantizar que la exposición al polvo respirable no exceda los límites reglamentarios, lo que ayuda a prevenir enfermedades pulmonares. Los monitores de polvo utilizan tecnología de fotómetro de dispersión de luz (nefelómetro) altamente sensibles y proporcionan mediciones continuas de concentraciones de partículas en el aire. Los contadores de partículas de aire portátiles, remotos y portátiles están diseñados con la finalidad de monitorear ambientalmente y dedicarse a la resolución de problemas de filtración de aire. (Latorre y La Torre, 2017)

Los sistemas automatizados de monitoreo pueden medir los niveles altos y bajos de contaminantes, así como otros gases y toxinas, y ayudan a garantizar que la calidad del aire ambiental cumpla con las regulaciones ambientales locales. La estación de calidad del aire MAQS Mine es una estación de monitoreo de ventilación de minas subterránea asequible. MAQS monitorea los entornos de trabajo, se integra y mantiene comunicación con equipos remotos y automatiza el proceso de ventilación. Su instrumentación funciona con el software y la infraestructura de comunicación existentes.

Se encuentran disponibles varias plataformas de instrumentación y comunicación para alojar programas de administración de energía SCADA (monitoreo supervisor y de información), software de ventilación bajo demanda (VOD). (Canadian mining, 2022).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Normativa nacional

- Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (MINTRA, 2011).
- Ley 26842, Ley General de Salud. (MINSAL, 1997).
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (MINTRA, 2012).
- Decreto Supremo N° 015-2005-SA, Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. (MINSAL, 2005).
- R.M. 375-2008-TR, Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. (MINTRA, 2008).

2.2.2 Normativa internacional

- ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. LEIDEL, Nelson A. et al. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual.
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration. Sampling and Analytical Methods. Methods Development Team: Industrial Hygiene Chemistry Division, OSHA Salt Lake Technical Center.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Actividades preliminares

En el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo, se cuentan con una variedad de puestos de trabajo que se encargan de la excavación y recolección de material (mineral) y/o desmote, para ello, se eligió un GES detallados en la tabla 1.

Para que el trabajo presente valores confiables se realizaron un número de muestreos de acuerdo a cada GES, detallados en la tabla 2.

Así mismo, cada operador de los puestos seleccionados, operador de camión, operador de cargador frontal, operador de motoniveladora, operador de tractor oruga, operador de excavadora, operador de pala, operador de tractor sobre ruedas y superintendente de operaciones mina e infraestructura, trabajan en una jornada de 12 horas diarias dentro de un régimen de 4x4 (día) y 5x3 (noche).

Cabe precisar, que la principal actividad de los operadores de maquinaria es la conducción para el acarreo del material (mineral), para el acarreo del desmote, para ampliar y mantener las rutas de tránsito, para ampliar y modificar la zona de tajo abierto, el superintendente de operaciones mina se encarga de supervisar y verificar el cumplimiento de los operadores, tanto desde oficina como realizando visitas de vez en cuando dentro del tajo.

Acerca de las maquinarias, se resalta que reciben un mantenimiento preventivo y correctivo cuando sea necesario. Así mismo, a cada operador se le ha entregado una mascarilla de media cara con su filtro para polvo. Antes de empezar cada jornada varios camiones cisterna de agua recorren el tajo para regar la vía de tránsito donde se realizan los trabajos.

3.2 Grupo de exposición similar (GES)

En esta etapa nos enfocamos en el área de Operaciones Mina, donde se lleva a cabo la agrupación de los trabajadores que tienen exposiciones similares y que sea

representativo. De acuerdo con el proceso de revisión y actualización se identificaron los siguientes GES:

Tabla 1

GES para la evaluación.

COD. GES	Nombre del GES
BAY-050-O-P	Operador de camión
BAY-051-O-P	Operador de cargador frontal
BAY-052-O-P	Operador de motoniveladora
BAY-053-O-P	Operador de tractor oruga
BAY-055-O-P	Operador de excavadora
BAY-060-O-P	Operador de pala
BAY-062-O-P	Operador de tractor sobre ruedas
BAY-063-O-P	Superintendente de operaciones mina e infraestructura

3.3 Número de muestras por GES (n)

Para determinar el perfil de exposición se deben hacer mediciones para el cual se elige un número de muestras apropiado que brinde confiabilidad y validez estadística.

Según el tamaño de la población de cada GES “N” se elige el número de muestras “n” empleando la tabla del manual NIOSH 77-173.

Tabla 2

Tamaño de la muestra.

COD. GES	Nombre del GES	N	n
BAY-050-O-P	Operador de camión	8	7
BAY-051-O-P	Operador de cargador frontal	4	4
BAY-052-O-P	Operador de motoniveladora	4	4
BAY-053-O-P	Operador de tractor oruga	4	4
BAY-055-O-P	Operador de excavadora	4	4
BAY-060-O-P	Operador de pala	8	7
BAY-062-O-P	Operador de tractor sobre ruedas	4	4
BAY-063-O-P	Superintendente de operaciones mina e infraestructura	4	4

3.4 Metodología de medición de material particulado

Para la evaluación de Polvo Respirable se toma como referencia la NIOSH 0600, y para la evaluación de Polvo Inhalable se toma como referencia la NIOSH 0500.

Para polvo respirable:

- Medio de muestreo: Filtro de PVC + ciclón
- Flujo de bomba: 1,7 L/min $\pm$ 5% para ciclón de nylon
- Volumen mínimo: 20 litros
- Volumen máximo: 400 litros

Para polvo inhalable:

- Medio de muestreo: Filtro de PVC
- Flujo de bomba: 1 a 2 L/min
- Volumen mínimo: 7 litros
- Volumen máximo: 133 litros

Análisis e interpretación de los resultados:

Los resultados obtenidos se llenan en una base de datos y se comparan con lo recomendado por el D.S. 024-2016-EM.

3.5 Límite máximo permisible por agente

Tabla 3

Límites máximos permisibles para exposición a partículas de polvo.

Nº	Agentes químicos (en el aire)	Límite adoptado (12 horas)	Nivel de acción (12 horas)
44	Polvo Inhalable (1)	10 mg/m ³	5 mg/m ³
45	Polvo Respirable (1)	3 mg/m ³	1,5 mg/m ³

Nota: Tabla adaptada del D.S. 015-2005-SA

Los trabajadores de la minera Miskimayo laboran jornadas de 12 horas en régimen de 4x4 (día), 5x3 (noche), por lo cual al ser un régimen atípico y ante el material particulado tanto de polvo inhalable como polvo respirable, figurando encontrarse en la categoría I de ajuste para sustancias, donde no se aplica un factor de corrección. Por lo tanto, se mantienen los mismos límites de exposición ocupacional.

3.6 Equipo utilizado por agente

Durante el proceso de evaluación se utilizaron equipos calibrados cuyas características se detallan a continuación:

Tabla 4

Equipos de monitoreo de polvo respirable e inhalable.

Equipo	Marca	Modelo	Nº de serie
Bomba de succión de polvo	GILIAN	GILIAR PLUS	20161120081
Bomba de succión de polvo	GILIAN	GILIAR PLUS	20161120094
Bomba de succión de polvo	GILIAN	GILIAR PLUS	20161120095
Bomba de succión de polvo	GILIAN	GILIAR PLUS	20161120076
Calibrador de flujo primario	TSI INCORPORATED	4146	41461313015

3.7 Cálculo del UCL de la exposición del GES

Para determinar el perfil de exposición se elige un valor estadístico conocido como la estadística de decisión que podrá ser comparado con el LMP y se usará para clasificar la exposición.

De los resultados obtenidos se puede calcular la media o promedio, sin embargo, este promedio será diferente o rara vez es igual al verdadero promedio de la población o GES de confianza seleccionado como un 95%. El límite superior de este intervalo es conocido como UCL (límite superior de confianza) y es el que será usado como estadística de decisión.

Para el cálculo adecuado del UCL (95% de confianza) de la exposición promedio se debe determinar si estos datos se ajustan de manera apropiada a un modelo de distribución normal o lognormal, ya que, de no ser así, el valor predictivo elegido puede no ser representativo de cada uno de los miembros de la población.

3.8 Categorización de los niveles de exposición

Se establecen categorías de exposición tomando como referencia el Límite máximo permisible, en este caso las categorías establecidas son del Anexo N° 7 del D.S. 024-2016-EM Reglamento de seguridad y salud ocupacional en la actividad minera.

Tabla 5*Categorización de los niveles de exposición.*

Criticidad	Nivel de exposición	Observaciones
1	Exposición menor al nivel de acción.	El riesgo a la salud es bajo.
2	Exposición mayor o igual al nivel de acción y menor que el LMP.	El riesgo a la salud es probable, pero es obligatorio usar EPP.
3	Exposición mayor o igual al LMP.	Existe riesgo a la salud y es obligatorio el uso de EPP, además de implementar controles adicionales.

Nota: Tabla adaptada del D.S. 024-2016-EM

Valores referenciales considerando el nivel de acción, límite máximo permisible y niveles de protección de EPPs más comunes definidos por OSHA en el estándar CFR 1910 134. (Nivel de protección para respiradores de media cara).

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Se empleará el criterio establecido en la normativa nacional D.S. 024-2016-EM para evaluar y clasificar el riesgo para la salud como se detalla en la tabla 5.

4.1 Resultados de las concentraciones e índices de exposición

4.1.1 Polvo respirable

Tabla 6

Resultado de polvo respirable – operador de camión.

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de camión	720	1,678	0,150	0,124	4,14%
Operador de camión	720	1,714	0,112	0,091	3,03%
Operador de camión	720	1,709	0,164	0,133	4,44%
Operador de camión	720	1,692	0,153	0,126	4,19%
Operador de camión	720	1,707	0,232	0,189	6,29%
Operador de camión	720	1,689	0,122	0,100	3,34%
Operador de camión	720	1,711	0,134	0,109	3,63%

Tabla 7

Resultado de polvo respirable – operador de cargador frontal.

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de cargador frontal	720	1,698	0,226	0,185	6,16%
Operador de cargador frontal	720	1,693	0,213	0,175	5,82%
Operador de cargador frontal	720	1,711	0,187	0,152	5,06%
Operador de cargador frontal	720	1,708	0,194	0,158	5,26%

Tabla 8*Resultado de polvo respirable – operador de motoniveladora.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de motoniveladora	720	1,727	0,243	0,195	6,51%
Operador de motoniveladora	720	1,714	0,227	0,184	6,13%
Operador de motoniveladora	720	1,695	0,114	0,093	3,11%
Operador de motoniveladora	720	1,708	0,216	0,176	5,85%

Tabla 9*Resultado de polvo respirable – operador de tractor oruga.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de tractor oruga	720	1,713	0,042	0,034	1,14%
Operador de tractor oruga	720	1,707	0,067	0,055	1,82%
Operador de tractor oruga	720	1,697	0,052	0,043	1,42%
Operador de tractor oruga	720	1,702	0,058	0,047	1,58%

Tabla 10*Resultado de polvo respirable – operador de excavadora.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de excavadora	720	1,708	0,057	0,046	1,55%
Operador de excavadora	720	1,694	0,068	0,056	1,86%
Operador de excavadora	720	1,705	0,047	0,038	1,28%
Operador de excavadora	720	1,711	0,072	0,058	1,95%

Tabla 11*Resultado de polvo respirable – operador de pala.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de pala	720	1,703	0,111	0,091	3,02%
Operador de pala	720	1,708	0,172	0,140	4,66%
Operador de pala	720	1,694	0,163	0,134	4,45%
Operador de pala	720	1,698	0,252	0,206	6,87%
Operador de pala	720	1,712	0,147	0,119	3,98%
Operador de pala	720	1,707	0,159	0,129	4,31%
Operador de pala	720	1,705	0,246	0,200	6,68%

Tabla 12*Resultado de polvo respirable – operador de tractor sobre ruedas.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,692	0,236	0,194	6,46%
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,698	0,195	0,160	5,32%
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,703	0,218	0,178	5,93%
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,711	0,315	0,256	8,52%

Tabla 13*Resultado de polvo respirable – superintendente de operaciones mina.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Superintendente de operaciones mina	720	1,708	0,211	0,172	5,72%
Superintendente de operaciones mina	720	1,692	0,193	0,158	5,28%
Superintendente de operaciones mina	720	1,703	0,203	0,166	5,52%
Superintendente de operaciones mina	720	1,710	0,199	0,162	5,39%

4.1.2 Polvo inhalable

Tabla 14

Resultado de polvo inhalable – operador de camión.

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de camión	720	1,015	0,223	0,305	3,05%
Operador de camión	720	1,004	0,311	0,430	4,30%
Operador de camión	720	1,011	0,272	0,374	3,74%
Operador de camión	720	0,993	0,284	0,397	3,97%
Operador de camión	720	1,008	0,308	0,424	4,24%
Operador de camión	720	1,010	0,198	0,272	2,72%
Operador de camión	720	0,998	0,315	0,438	4,38%

Tabla 15

Resultado de polvo inhalable – operador de cargador frontal.

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de cargador frontal	720	1,004	0,219	0,303	3,03%
Operador de cargador frontal	720	0,992	0,197	0,276	2,76%
Operador de cargador frontal	720	1,011	0,226	0,310	3,10%
Operador de cargador frontal	720	0,992	0,231	0,323	3,23%

Tabla 16

Resultado de polvo inhalable – operador de motoniveladora.

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de motoniveladora	720	1,010	0,132	0,182	1,82%
Operador de motoniveladora	720	1,003	0,147	0,204	2,04%
Operador de motoniveladora	720	0,991	0,205	0,287	2,87%
Operador de motoniveladora	720	1,012	0,194	0,266	2,66%

Tabla 17*Resultado de polvo inhalable – operador de tractor oruga.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de tractor oruga	720	1,003	0,103	0,143	1,43%
Operador de tractor oruga	720	1,012	0,084	0,115	1,15%
Operador de tractor oruga	720	0,991	0,076	0,107	1,07%
Operador de tractor oruga	720	0,989	0,092	0,129	1,29%

Tabla 18*Resultado de polvo inhalable – operador de excavadora.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de excavadora	720	1,011	0,140	0,192	1,92%
Operador de excavadora	720	1,008	0,098	0,135	1,35%
Operador de excavadora	720	1,014	0,217	0,297	2,97%
Operador de excavadora	720	0,991	0,285	0,399	3,99%

Tabla 19*Resultado de polvo inhalable – operador de pala.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de pala	720	1,011	0,042	0,058	0,58%
Operador de pala	720	0,989	0,086	0,121	1,21%
Operador de pala	720	1,008	0,283	0,390	3,90%
Operador de pala	720	1,012	0,184	0,253	2,53%
Operador de pala	720	0,993	0,265	0,371	3,71%
Operador de pala	720	1,014	0,257	0,352	3,52%
Operador de pala	720	1,017	0,172	0,235	2,35%

Tabla 20*Resultado de polvo inhalable – operador de tractor sobre ruedas.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,008	0,135	0,186	1,86%
Operador de tractor sobre ruedas	720	0,993	0,173	0,242	2,42%
Operador de tractor sobre ruedas	720	1,012	0,152	0,209	2,09%
Operador de tractor sobre ruedas	720	0,998	0,138	0,192	1,92%

Tabla 21*Resultado de polvo inhalable – superintendente de operaciones mina.*

Nombre del GES	Tiempo de medición (min)	Flujo promedio (litro/min)	Peso final	Concentración (mg/m ³)	Índice de exposición
Superintendente de operaciones mina	720	1,004	0,084	0,116	1,16%
Superintendente de operaciones mina	720	1,002	0,078	0,108	1,08%
Superintendente de operaciones mina	720	0,996	0,116	0,162	1,62%
Superintendente de operaciones mina	720	0,995	0,094	0,131	1,31%

4.2 Resultado de test de shapiro-wilk

La plantilla IHSTATs realiza el “Test de Shapiro-Wilk” (W-Test) para probar el ajuste o no de los datos ingresados a una distribución normal (o lognormal empleando datos log-transformados).

4.2.1 Polvo respirable

Figura 1

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de camión.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,934	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,873	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,934 y 0,873. Entonces 0,934 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 17.

Figura 2

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de cargador frontal.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,941	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,940	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,941 y 0,940. Entonces 0,941 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 18.

Figura 3

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de motoniveladora.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,742	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	No	
Prueba o Test-W de datos	0,780	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,742 y 0,780. Entonces 0,780 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 19.

Figura 4

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor oruga.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,985	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,998	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,985 y 0,998. Entonces 0,998 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 20.

Figura 5

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de excavadora.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,912	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,918	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,912 y 0,918. Entonces 0,918 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 21.

Figura 6

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de pala.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,925	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,890	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,925 y 0,890. Entonces 0,925 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 22.

Figura 7

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor sobre ruedas.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,938	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,904	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,938 y 0,904. Entonces 0,938 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 23.

Figura 8

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – superintendente de operaciones mina.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,992	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,991	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,992 y 0,991. Entonces 0,992 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 24.

4.2.2 Polvo inhalable

Figura 9

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de camión.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,849	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,868	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,849 y 0,868. Entonces 0,868 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 25.

Figura 10

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de cargador frontal.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,941	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,953	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,941 y 0,953. Entonces 0,953 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 26.

Figura 11

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de motoniveladora.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,917	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	SI	
Prueba o Test-W de datos	0,916	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	SI	

Elegimos el mayor valor entre 0,917 y 0,916. Entonces 0,917 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 27.

Figura 12

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor oruga.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,977	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,967	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,977 y 0,967. Entonces 0,977 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 28.

Figura 13

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de excavadora.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,979	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,965	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,979 y 0,965. Entonces 0,979 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 29.

Figura 14

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de pala.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,843	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,910	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,843 y 0,910. Entonces 0,910 corresponde a una distribución Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 30.

Figura 15

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – operador de tractor sobre ruedas.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,916	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,904	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

Elegimos el mayor valor entre 0,916 y 0,904. Entonces 0,916 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 31.

Figura 16

Resultado de Test de Shapiro-Wilk – superintendente de operaciones mina.

Prueba de ajuste de una distribución		
Prueba W de datos log-transformados	0,946	
Log-Normal ($\alpha = 0.05$)?	Si	
Prueba o Test-W de datos	0,924	
Normal ($\alpha = 0.05$) ?	Si	

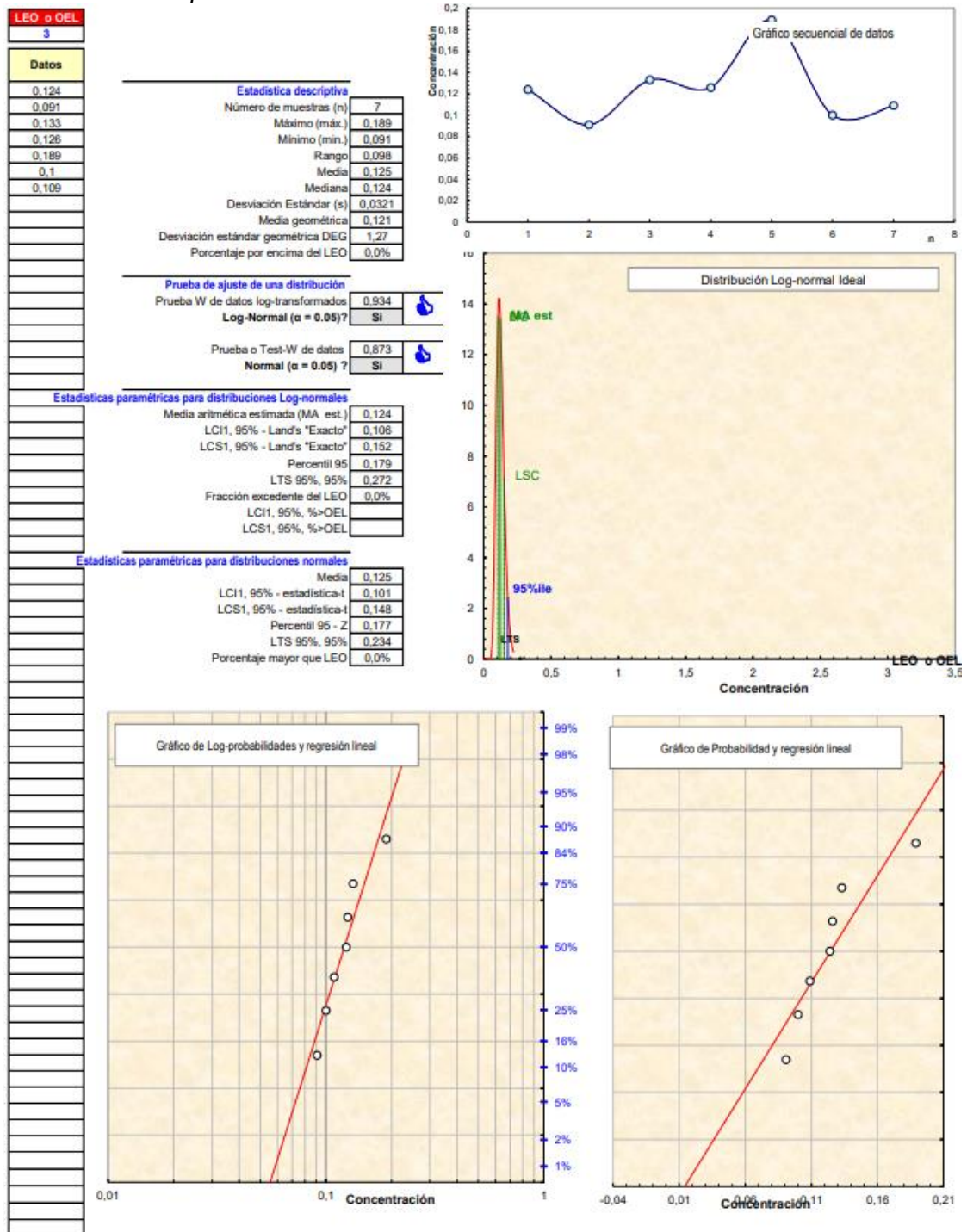
Elegimos el mayor valor entre 0,946 y 0,924. Entonces 0,946 corresponde a una distribución Log-Normal, luego se lee en la plantilla IHStat el UCL o LCS (Límite de confianza superior), ver figura 32.

4.3 Plantilla IHSTAT con los resultados del GES

4.3.1 Polvo respirable

Figura 17

Plantilla IHStat – Operador de camión.



Plantilla IHStat – Operador de cargador frontal.



Plantilla IHStat – Operador de motoniveladora.



Plantilla IHStat – Operador de tractor oruga.

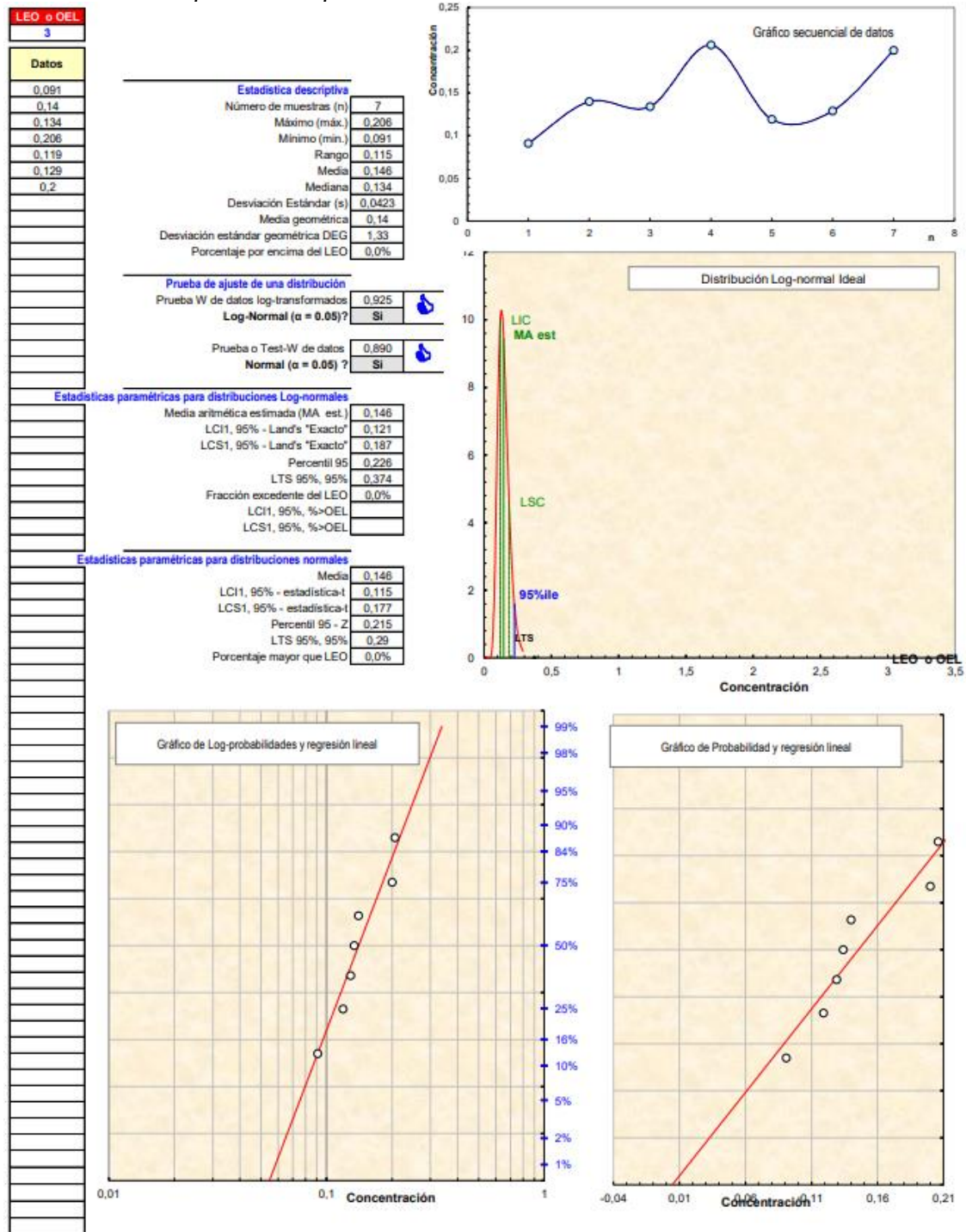


Plantilla IHStat – Operador de excavadora.



Figura 22

Plantilla IHStat – Operador de pala.



Plantilla IHStat – Operador de tractor sobre ruedas.



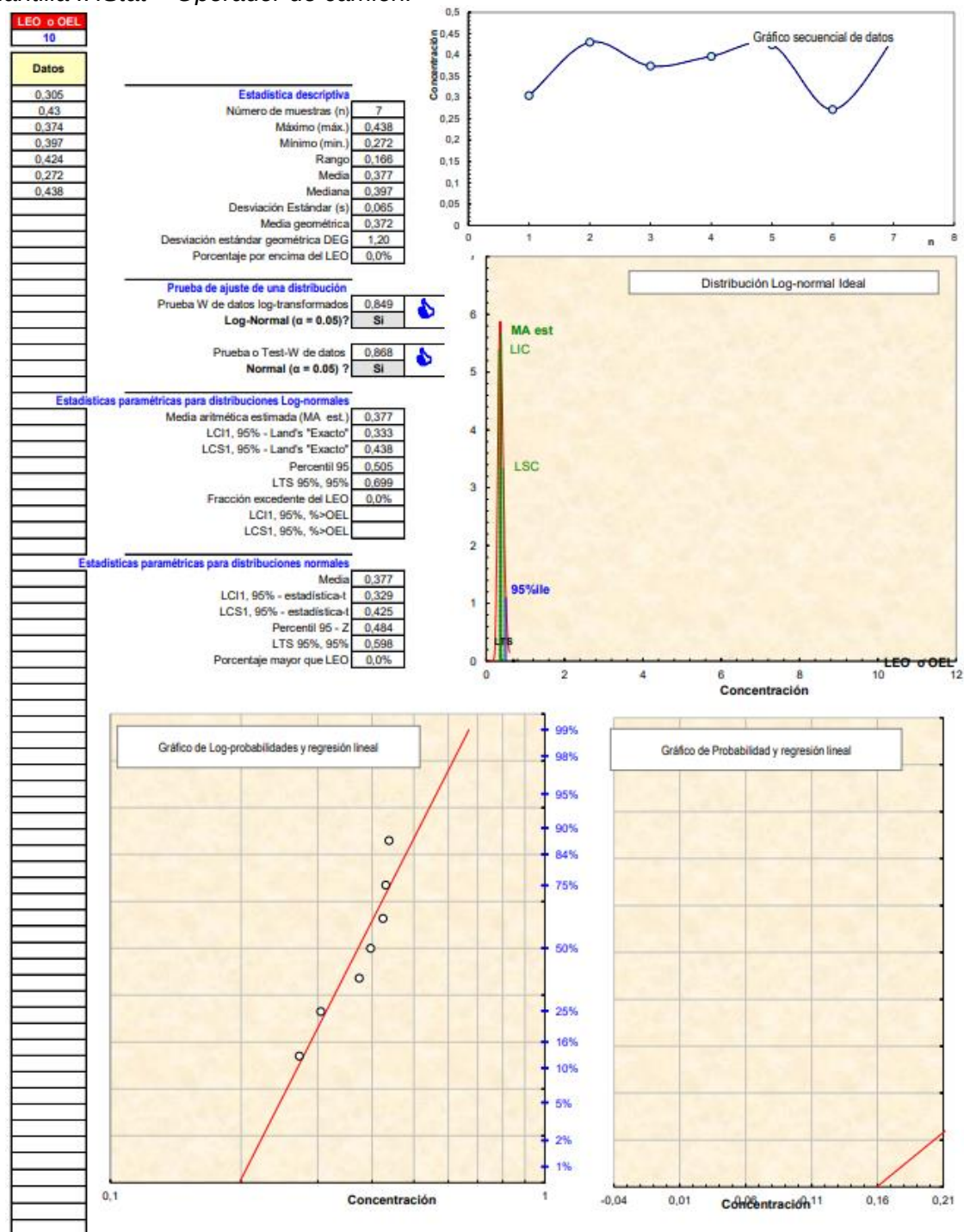
Plantilla IHStat – superintendente de operaciones mina.



4.3.2 Polvo inhalable

Figura 25

Plantilla IHStat – Operador de camión.



Plantilla IHStat – Operador de cargador frontal.



Plantilla IHStat – Operador de motoniveladora.



Plantilla IHStat – Operador de tractor oruga.

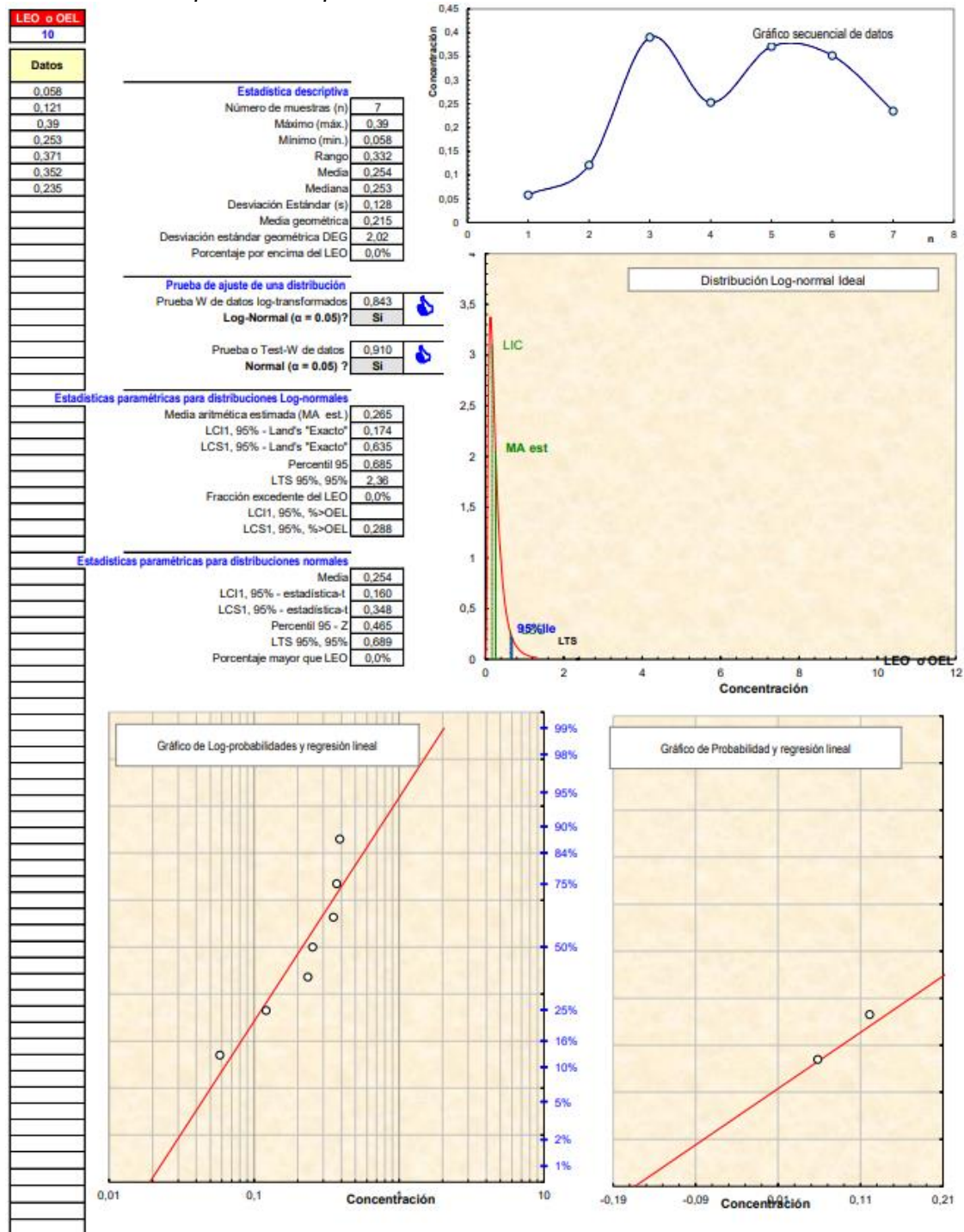


Plantilla IHStat – Operador de excavadora.



Figura 30

Plantilla IHStat – Operador de pala.



Plantilla IHStat – Operador de tractor sobre ruedas.



Plantilla IHStat – superintendente de operaciones mina.



4.4 Resumen de los resultados

Se detalla los resultados del muestreo realizado por cada GES, tanto para la concentración en mg/m^3 , como el nivel de confianza UCL.

4.4.1 Polvo respirable

Tabla 22

Resultados estadísticos de polvo respirable de los GES.

Nombre del GES	Nº de muestras	Máx. (mg/m^3)	UCL (mg/m^3)	LMP (mg/m^3)
Operador de camión	7	0,189	0,152	3
Operador de cargador frontal	4	0,185	0,187	3
Operador de motoniveladora	4	0,195	0,217	3
Operador de tractor oruga	4	0,055	0,055	3
Operador de excavadora	4	0,058	0,060	3
Operador de pala	7	0,206	0,187	3
Operador de tractor sobre ruedas	4	0,256	0,262	3
Superintendente de operaciones mina	4	0,172	0,172	3

4.4.2 Polvo inhalable

Tabla 23

Resultados estadísticos de polvo inhalable de los GES.

Nombre del GES	Nº de muestras	Máx. (mg/m^3)	UCL (mg/m^3)	LMP (mg/m^3)
Operador de camión	7	0,438	0,425	10
Operador de cargador frontal	4	0,323	0,326	10
Operador de motoniveladora	4	0,287	0,321	10
Operador de tractor oruga	4	0,143	0,146	10
Operador de excavadora	4	0,399	0,707	10
Operador de pala	7	0,390	0,348	10

Operador de tractor sobre ruedas	4	0,242	0,241	10
Superintendente de operaciones mina	4	0,162	0,165	10

Conclusiones

Respecto al objetivo general, de acuerdo a las evaluaciones realizadas tanto para polvo respirable, como para inhalable en el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo, se llega a la conclusión de que no existe riesgo de exposición ocupacional en el trabajo.

Con relación a los objetivos específicos:

En el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo, de acuerdo a las evaluaciones realizadas tanto para polvo respirable, como inhalable, se concluye que el nivel de riesgo es bajo. Se detalla a continuación:

- De las 38 muestras tomadas de polvo respirable en todos los GES, se encuentran por debajo del límite máximo permisible (3 mg/m^3).
- De las 38 muestras tomadas de polvo inhalable en todos los GES, se encuentran por debajo del límite máximo permisible (10 mg/m^3).

En el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo, con las evaluaciones realizadas se encontraron las siguientes concentraciones en mg/m^3 de acuerdo a cada GES:

- Para el operador de camión: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de $0,189 \text{ mg/m}^3$, mientras que para polvo inhalable fue de $0,438 \text{ mg/m}^3$.
- Para el operador de cargador frontal: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de $0,185 \text{ mg/m}^3$, mientras que para polvo inhalable fue de $0,323 \text{ mg/m}^3$.

- Para el operador de motoniveladora: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,195 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,287 mg/m³.
- Para el operador de tractor oruga: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,055 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,143 mg/m³.
- Para el operador de excavadora: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,058 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,399 mg/m³.
- Para el operador de pala: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,206 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,390 mg/m³.
- Para el operador de tractor sobre ruedas: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12 horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,256 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,242 mg/m³.
- Para el superintendente de operaciones mina: el 100% del total de muestras tanto para polvo respirable, así como inhalable dio como resultado concentraciones inferiores al límite máximo permisible para una jornada de 12

horas, la máxima concentración para polvo respirable fue de 0,172 mg/m³, mientras que para polvo inhalable fue de 0,162 mg/m³.

En el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo, se determinó el nivel de confianza elevado UCL (Upper Confidence Limit) siendo para polvo respirable, así como inhalable para cada GES:

- Para el operador de camión: el UCL de las 7 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,152 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,425 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el operador de cargador frontal: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,187 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,326 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el operador de motoniveladora: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,217 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,321 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el operador de tractor oruga: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,055 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,146 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el operador de excavadora: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,060 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,707 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el operador de pala: el UCL de las 7 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,187 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,348

mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.

- Para el operador de tractor sobre ruedas: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,262 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,241 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.
- Para el superintendente de operaciones mina: el UCL de las 4 muestras tomadas para polvo respirable es de 0,172 mg/m³, mientras que para polvo inhalable es de 0,165 mg/m³, encontrándose por debajo del nivel máximo permisible para una jornada de 12 horas.

Recomendaciones

- Los trabajadores pueden continuar laborando en las condiciones encontradas, haciendo uso de la protección respiratoria a modo preventivo cuando lo considere necesario.
- Informar a los trabajadores de los resultados de las evaluaciones realizadas, a fin que tengan conocimiento de las exposiciones en las que se encuentran su lugar de trabajo.
- Se recomienda realizar capacitaciones y difusiones de los daños a la salud que puede ocasionar el material particulado, dentro del programa de higiene ocupacional (Anexo 3).
- Continuar con las evaluaciones periódicas según programa de higiene ocupacional (Anexo 3).
- Se recomienda continuar con el mantenimiento preventivo y correctivo de las diferentes maquinarias utilizadas en el área de operaciones mina de la compañía minera Miskimayo (Tabla 1, de acuerdo al GES para evaluación), a fin de seguir manteniendo las condiciones favorables para los trabajadores.

Referencias bibliográficas

- Ángulo J., Calsi B., Alfaro B., Conde L., Muñoz E., Grieseler R., Guerra J., Palomino J., Espinosa R. y De la Casa J. (2020). Estudio del efecto del polvo y estimación de la potencia nominal en un string fotovoltaico. *Tenia*, 30(1).
<http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.832>
- Astudillo A., Ramírez O., García A., González A., Gutiérrez V. y Bailón M. (2015), Caracterización química del material particulado PM 10 de la zona urbana de Cuenca Ecuador e investigación de su genotoxicidad e inducción de estrés oxidativo en células epiteliales alveolares A549. *Revista de Toxicología*, 32(2), pp. 121-126.
<https://redalyc.org/pdf/919/91942717009.pdf>
- Ballester F., Tenías J. y Pérez S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción, *Rev. Esp. Salud Pública*, 73(2).
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S113557271999000200002
- Bermúdez (2004). Gestión de la calidad de aire; causas, efectos y soluciones. *Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial*.
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/mambiente/gest_cal/pdf/to_completo.pdf
- Briceño R., Minayo M. y Coimbra J. (2000). Bienestar, salud pública y cambio social, *Salud y Equidad*, pp. 14-24. <http://dx.doi.org/10.7476/9788575415122>
- Caldas (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Producción + Limpia*, 10(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001
- Carlin C. (1957). Características de la Silicosis en las minas del Perú: Estudio epidemiológico preliminar, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 11(2).

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17264634195700010001

Díaz V. y Páez C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *RevActaNova*. 3 (2).

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168307892006000100011

Duarte R., Destephen J. (2023). Modelación de filtrantes aplicando diagramas de Voronoi-Laguerre. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 30(2), pp.193-213.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rmta/v30n2/1409-2433-rmta-30-02-193.pdf>

Escobar M. (2017). *Nivel de concentración de polvos respirables y su relación con la salud ocupacional de los trabajadores de las compañías mineras Taylor's y Sierra Central en las cuencas del río Huari y río Mantaro-Yauli 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4106/3/IV_FIN_108_TE_Escobar_Meza_2017.pdf

Federal Register (2006). Factores de Protección Asignados (71 FR, No. 164). Reglas y Reglamentos, 71(164).

[https://trabajo.pr.gov/prosha/download/Assigned_Protection_Factors_71.164_\[NO_RMA\].pdf](https://trabajo.pr.gov/prosha/download/Assigned_Protection_Factors_71.164_[NO_RMA].pdf)

Perevochtchikova M. (2009). La situación actual del sistema de monitoreo ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Estud. demogr. Urbanos*, 24 (3).

<https://doi.org/10.24201/edu.v24i3.1327>

Ramírez (2013). Silicosis. *Anales de la Facultad de Medicina*, 74(1), pp. 5-6.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102555832013000100010

Robles E., Medina A. y Medina C. (2019). La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población

- de Cerro de Pasco (2010 y 2016). *Industrial Data*, vol. 22, núm. 1.
<https://www.redalyc.org/journal/816/81661270010/html/>
- Romero M., Olite F. y Álvarez M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), pp.3-5.
<https://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>
- Rodríguez M. (2021). Protección respiratoria para profesionales de cuidados de la salud. *Cirujano General*, 42(2).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140500992020000200126&script=sci_arttext_plus&lng=es
- Suarez L., Álvarez D., Bendezú Y. y Pomalaya J. (2017), Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú, *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83 (2).
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X201700020005#:~:text=El%20material%20particulado%20\(MP\)%20atmosf%C3%A9rico,repr esenta%20una%20complejidad%20a%C3%BA%20mayor](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X201700020005#:~:text=El%20material%20particulado%20(MP)%20atmosf%C3%A9rico,repr esenta%20una%20complejidad%20a%C3%BA%20mayor)
- Latorre A. y Torre M. (2017). Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá. *Salud Pública*, 41 (112). <https://doi.org/10.1590/0103-1104201711207>
- Marcelo D. (2009), Manual de salud y seguridad en trabajos de minería, *Buenos Aires: Aulas y Andamios*, pp.120.
https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf
- Ministerio de Salud (2020). Consideraciones para la adquisición de respiradores de protección respiratoria (N95, FFP2, KN95 o equivalentes) importados. *Cenallm*.
https://bvcenadim.digemid.minsa.gob.pe/files/adquisicion_respiradores_09.07.2020.pdf
- Monier E. (2022). Estudio preliminar de la eficiencia de la filtración primaria en la planta de sueros parenterales. *Tecnología Química*, 42(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222461852022000300543

- Moreno A., Cañada R. y Méndez D. (2020). La concentración de partículas en el aire: análisis estadístico de la relación espacial entre medidas de superficie y del sensor MODIS para dos tipos de tiempo en la Comunidad de Madrid. *Investigaciones Geográficas (Esp.)*. 73, pp. 189-209.
<https://www.redalyc.org/journal/176/17664443009/html/>
- Murillo T. (2014). Catalogo de productos de seguridad industrial. Sonepar.
https://issuu.com/txanemurillo/docs/catalogocompleto_b53170b1e23422
- Nivelo J. y Ugalde J. (2011). *Los respiradores de media máscara y las máscaras contra el polvo son convenientes para entornos reducidos. Los cascos antiaéreos son adecuados cuando hay más espacio disponible*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio de UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1440/13/UPS-CT002055.pdf>
- Ordoñez C. y Gonzales G. (2023). Calidad del aire en Perú no se ajusta a los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). *Revista Médica Herediana*, 33(4). <http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v34i4.5155>
- Tejada A., Tejada E., Rodríguez N. y Méndez I. (2018). *La Humedad en la Atmosfera*. [Tesis de pregrado, Universidad La Colina]. Repositorio ucol.
http://www.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf
- Yabar C., Rojas V. y Tinoco F. (2020), Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro en el área de chancado del sector de San Nicolás-Marcona. *Diseño y Tecnología*, 23(1). <https://doi.org/10.15381/idata.v23i1.16548>

Anexos

Anexo 1: Fotos del monitoreo de polvo respirable e inhalable	1
Anexo 2: Certificado de calibración de equipos.....	3
Anexo 3: Programa de monitoreo – Compañía Minera Miskimayo.....	23

Anexo 1

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MONITOREO DE POLVO INHALABLE



OPERADOR DE CARGADOR
FRONTAL



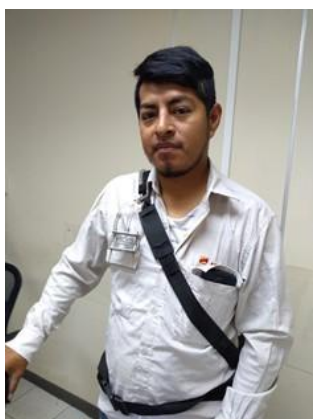
OPERADOR DE TRACTOR ORUGA



OPERADOR DE MOTONIVELADORA



OPERADOR DE CAMION



OPERADOR DE PALA



SUPERTINTENDENTE DE
OPERACIONES MINA

REGISTRO FOTOGRAFICO DE MONITOREO DE POLVO RESPIRABLE



OPERADOR DE PALA



OPERADOR DE EXCAVADORA



OPERADOR DE CAMION



OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL



**OPERADOR DE TRACTOR SOBRE
RUEDAS**



**SUPERTINTENDENTE DE
OPERACIONES MINA**

Anexo 2

CERTIFICADO N°1: BOMBA DE SUCCION 20161120076



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-1M-0832-23118

Fecha de emisión : 2018-11-23
 Issue date

1.- SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA MISKI MAYO S.R.L.
 Applicant :
 Dirección : AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE NRO. 147 DPTO. 701 INT. B (OFICINA 701 B - TORRE REAL TRES) LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
 Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BOMBA DE MUESTREO PERSONAL
 Measuring Instrument : Personal Air Sampler
 Marca : GILIAN Serie : 20161120076 Resolución : 1cc/min
 Brand : Gilian Serial :
 Modelo : GILAIR PLUS Alcance : 20 cc/min a 5000 cc/min Procedencia : U.S.A.
 Model : Made in
 Código : NO INDICA Code

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el 2018-11-14 en el Laboratorio de CERTIFICA S.A.C. Lima-Perú
 Date and place of calibration : Calibration day 2018-11-14 in the Laboratory CERTIFICA S.A.C. Lima - Perú

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN :
 Calibration method
 Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología
 Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD :
 Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	SERIE Serial	CERTIFICADO Certificate	TRAZABILIDAD Traceability
CALIBRADOR PRIMARIO	BIOS DEFENDER	530-M	131906	LFG-106-2018	DM-INACAL
BAROTERMOMIGRÓMETRO	EXTech INSTRUMENTS	S0700	Q752752	LFP-192-2018 LH-097-2018	DM-INACAL

6.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN :
 Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	20.4 °C	65.2 %	1000.5 mbar
FINAL Final	20.2 °C	68.4 %	1001.3 mbar

7.- OBSERVACIONES :
 Observations
 Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
 The results are shown on page 02 of this document
 La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95%
 The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor $k=2$ for a confidence level of 95%
 Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.
 The results are the average of 10 measurements.
 Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.
 Place a label indicating calibration date and certificate number.


Rodolfo Merino Cárdenas
 Jefe de Laboratorio
 Certificaciones y Calibraciones SAC


Juliana Giraldo Areiza
 Gerente General
 Certificaciones y Calibraciones SAC

Pag. 1 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
 Teléfono (511) 271 - 9082
 Cel. 987482941 / 956768308

informes@cygglobal.net
 www.cygglobal.net

Ca. 8 N. 12B-28 Local 2 Pereira- Colombia
 Teléfono (511) 271 - 9082
 Cel. 987482941 / 956768308



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0832-23118

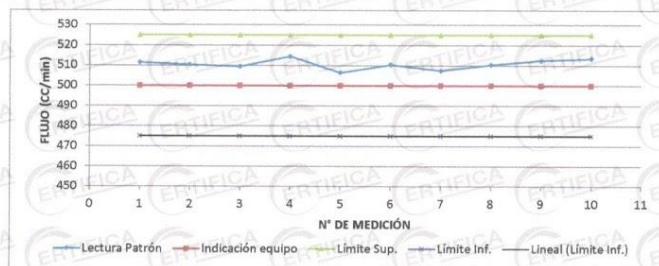
Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.- RESULTADOS
Results

8.1 RESULTADOS DE 500 ccm
Results of 500 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 500	cc/min 511	cc/min -11	cc/min 5	cc/min 25

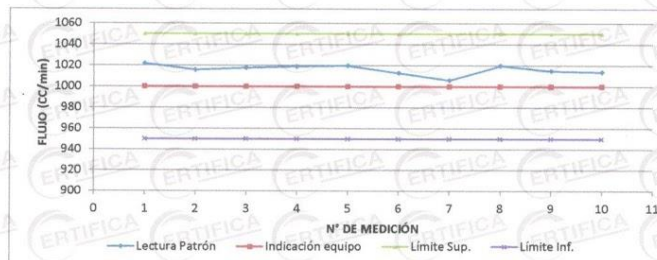
8.1.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.2 RESULTADOS DE 1000 ccm
Results of 1000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 1000	cc/min 1023	cc/min -16	cc/min 10	cc/min 50

8.2.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pág. 2 de 4



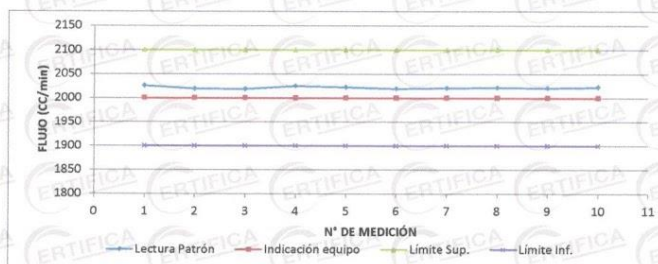
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0832-23118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.3 RESULTADOS DE 2000 ccm
Results of 2000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permisible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
2000	2022	-22	15	100

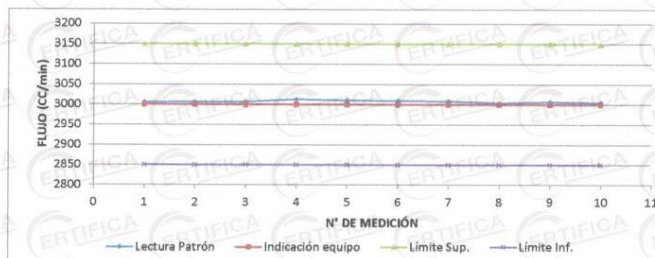
8.3.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.4 RESULTADOS DE 3000 ccm
Results of 3000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permisible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
3000	3008	-8	10	150

8.4.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pag. 3 de 4



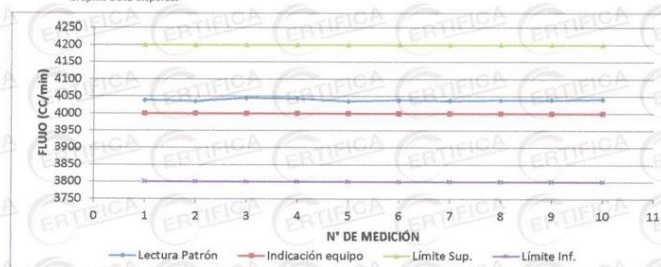
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0832-23118

Fecha de emisión
Issue date 2018-11-23

8.5 RESULTADOS DE 4000 ccm
Results of 4000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
4000	4027	-27	15	200

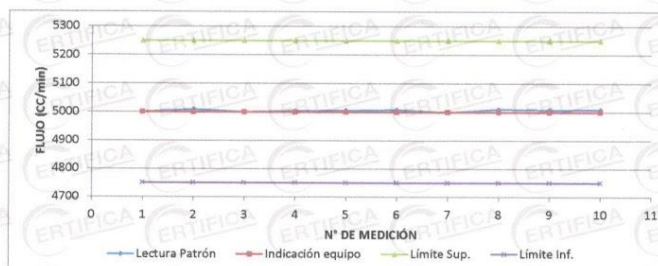
8.5.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.6 RESULTADOS DE 5000 ccm
Results of 5000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
5000	5006	-6	18	250

8.6.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



CE-RS-BM/Enero2014/Rev.00

(FIN DEL DOCUMENTO)
(Document end)

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO N°2: BOMBA DE SUCCION 20161120081



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CE-LM-0833-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

1.- SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA MISKI MAYO S.R.L.
Applicant
Dirección : AV. VICTOR ANDRES BELAUDE NRO. 147 DPTO. 701 INT. B (OFICINA 701 B - TORRE REAL TRES) LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BOMBA DE MUESTREO PERSONAL
Measuring instrument
Marca : GILIAN
Brand : 20161120081
Modelo : GILAIR PLUS
Model : 20 cc/min a 5000 cc/min
Código : NO INDICA
Code

Resolución : 1cc/min
Resolution
Procedencia : U.S.A.
Made in

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el 2018-11-14 en el Laboratorio de CERTIFICA S.A.C. Lima-Perú
Date and place of calibration : Calibration day 2018-11-14 in the Laboratory CERTIFICA S.A.C. Lima - Perú

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología
Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology

5.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	SERIE Serial	CERTIFICADO Certificate	TRAZABILIDAD Traceability
CALIBRADOR PRIMARIO	BIOS DEFENDER	530-M	131906	LFG-106-2018	DM-INACAL
BAROTERMOMIGRÓMETRO	EXTech INSTRUMENTS	SD700	Q752752	LFP-192-2018 LH-097-2018	DM-INACAL

6.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	20.4 °C	65.2 %	1000.5 mbar
FINAL Final	20.2 °C	68.4 %	1001.3 mbar

7.- OBSERVACIONES
Observations

Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95%
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor $k=2$ for a confidence level of 95%
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.
The results are the average of 10 measurements.
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.
Place a label indicating calibration date and certificate number.

Rodolfo Merino Cárdenas
Jefe de Laboratorio
Certificaciones y Calibraciones SAC

Juliana Giraldo Areiza
Gerente General
Certificaciones y Calibraciones SAC

Pág. 1 de 4



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0833-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.- RESULTADOS
Results

8.1 RESULTADOS DE 500 ccm
Results of 500 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 500	cc/min 507	cc/min -7	cc/min 5	cc/min 25

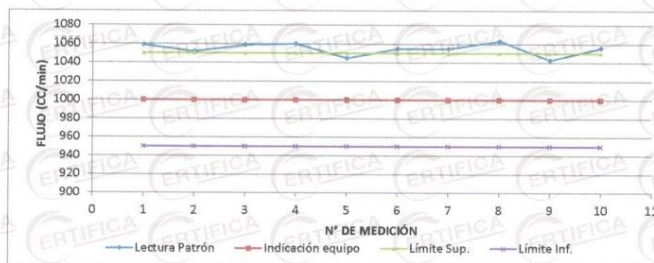
8.1.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.2 RESULTADOS DE 1000 ccm
Results of 1000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 1000	cc/min 1062	cc/min -55	cc/min 10	cc/min 50

8.2.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pág. 2 de 4



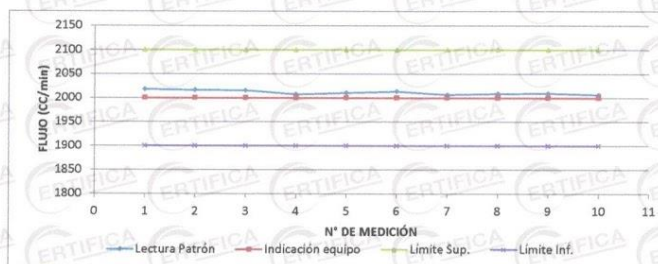
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0833-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.3 RESULTADOS DE 2000 ccm
Results of 2000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permisible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
2000	2011	-11	15	100

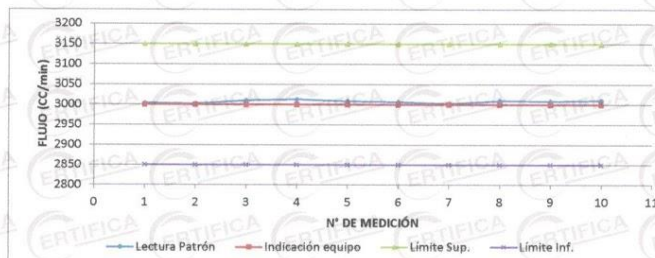
8.3.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.4 RESULTADOS DE 3000 ccm
Results of 3000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permisible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
3000	3008	-8	10	150

8.4.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pag. 3 de 4



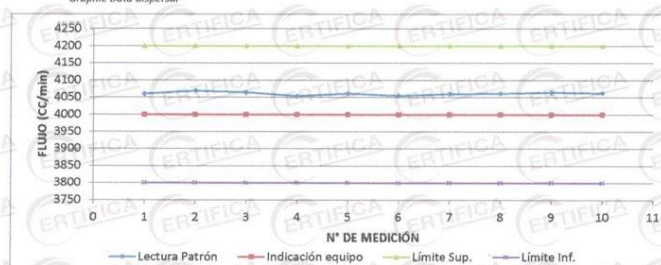
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0833-231118

Fecha de emisión
issue date 2018-11-23

8.5 RESULTADOS DE 4000 ccm
Results of 4000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 4000	cc/min 4049	cc/min -49	cc/min 15	cc/min 200

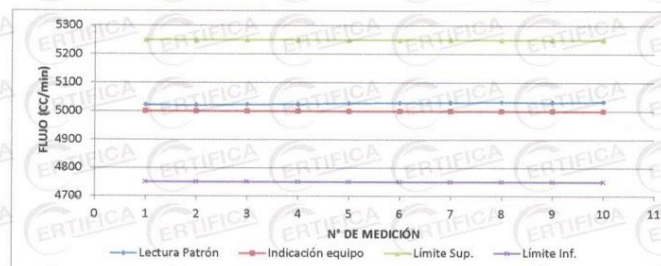
8.5.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.6 RESULTADOS DE 5000 ccm
Results of 5000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
cc/min 5000	cc/min 5027	cc/min -27	cc/min 18	cc/min 250

8.6.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



CE-RS-BM/Enero2014/Rev.00

(FIN DEL DOCUMENTO)
(Document end)

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO N°3: BOMBA DE SUCCION 20161120094



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CE-LM-0831-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

1.- SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA MISKI MAYO S.R.L.
Applicant
Dirección : AV. VICTOR ANDRES BELAUDE NRO. 147 DPTO. 701 INT. B (OFICINA 701 B - TORRE REAL TRES) LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BOMBA DE MUESTREO PERSONAL
Measuring Instrument : Personal Air Sampler
Marca : GILIAN Serie : 20161120094 Resolución : 1cc/min
Brand : GILIAN Alcance : 20 cc/min a 5000 cc/min Procedencia : U.S.A.
Modelo : GILAIR PLUS Scope : Made in
Model : Código : NO INDICA
Code

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el 2018-11-14 en el Laboratorio de CERTIFICA S.A.C. Lima-Perú
Date and place of calibration : Calibration day 2018-11-14 in the Laboratory CERTIFICA S.A.C. Lima - Perú

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN :
Calibration method
Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología
Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology

5.- INSTRUMENTOS/EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	SERIE Serial	CERTIFICADO Certificate	TRAZABILIDAD Traceability
CALIBRADOR PRIMARIO	BIOS DEFENDER	530-M	131906	LFG-106-2018	DM-INACAL
BAROTERMOMIGRÓMETRO	EXTECH INSTRUMENTS	SD700	Q752752	LFP-192-2018 LH-097-2018	DM-INACAL

6.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	20.4 °C	65.2 %	1000.5 mbar
FINAL Final	20.2 °C	68.4 %	1001.3 mbar

7.- OBSERVACIONES
Observations

Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento.
The results are shown on page 02 of this document
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k=2 for a confidence level of 95%
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.
The results are the average of 10 measurements.
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.
Place a label indicating calibration date and certificate number.

Rodolfo Merino Cárdenas
Jefe de Laboratorio
Certificaciones y Calibraciones SAC

Juliana Giraldo Areiza
Gerente General
Certificaciones y Calibraciones SAC

Pag. 1 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cygglobal.net
www.cygglobal.net

Ca. 8 N. 12B-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0831-231118

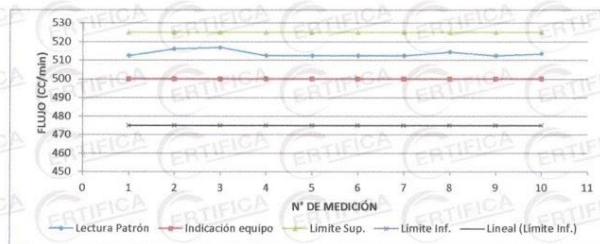
Fecha de emisión: 2018-11-23
Issue date

8.- RESULTADOS
Results

8.1 RESULTADOS DE 500 ccm
Results of 500 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 500	cc/min 514	cc/min -14	cc/min 5	cc/min 25

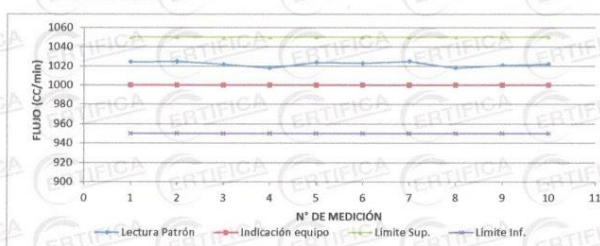
8.1.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.2 RESULTADOS DE 1000 ccm
Results of 1000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 1000	cc/min 1029	cc/min -22	cc/min 10	cc/min 50

8.2.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal





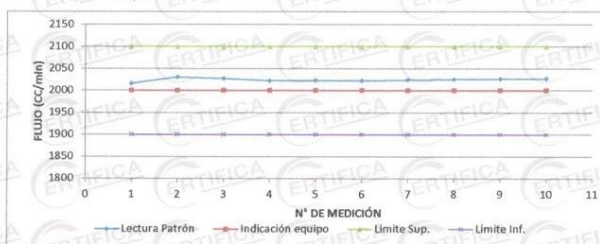
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0831-231118

Fecha de emisión: 2018-11-23
Issue date

8.3 RESULTADOS DE 2000 ccm
Results of 2000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
2000	2024	-24	35	100

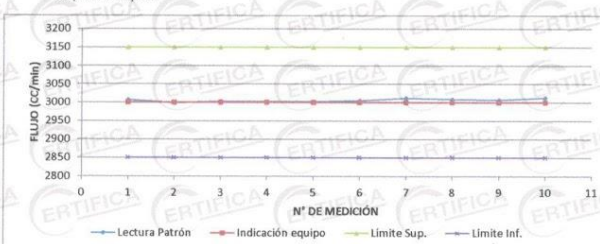
8.3.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.4 RESULTADOS DE 3000 ccm
Results of 3000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
3000	3006	-6	10	150

8.4.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pag. 3 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cygglobal.net
www.cygglobal.net

Ca. 8 N. 128-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0831-231118

Fecha de emisión
Issue date 2018-11-23

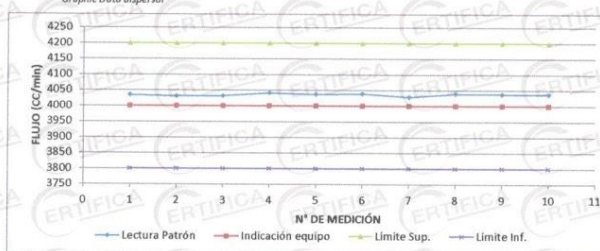
8.5 RESULTADOS DE 4000 ccm

Results of 4000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 4000	cc/min 4024	cc/min -24	cc/min 15	cc/min 200

8.5.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS

Graphic Data dispersal



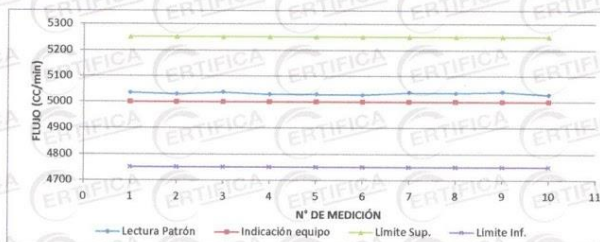
8.6 RESULTADOS DE 5000 ccm

Results of 5000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 5000	cc/min 5032	cc/min -32	cc/min 18	cc/min 250

8.6.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS

Graphic Data dispersal



CE-RS-BM/Enero2014/Rev.00

(FIN DEL DOCUMENTO)
(Document end)

Pág. 4 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cyglobal.net
www.cyglobal.net

Ca. 8 N. 12B-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

CERTIFICADO N°4: BOMBA DE SUCCION 20161120095



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CE-LM-0834-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

1.- SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA MISKI MAYO S.R.L.
Applicant
Dirección : AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE NRO. 147 DPTO. 701 INT. B (OFICINA 701 B - TORRE REAL TRES) LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BOMBA DE MUESTREO PERSONAL
Measuring instrument
Márcas : GILIAN
Brand
Modelo : GILAIR PLUS
Model
Código : NO INDICA
Code
Resolución : 1cc/min
Resolution
Procedencia : U.S.A.
Made in
Alcance : 20 cc/min a 5000 cc/min
Scope

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el 2018-11-14 en el Laboratorio de CERTIFICA S.A.C. Lima-Perú
Date and place of calibration
Calibration day
2018-11-14 in the Laboratory CERTIFICA S.A.C. Lima - Perú

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología
Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology

5.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	SERIE Serial	CERTIFICADO Certificate	TRAZABILIDAD Traceability
CALIBRADOR PRIMARIO	BIO'S DEFENDER	S30-M	131906	LFG-106-2018	DM-INACAL
BAROTERMOMIGRÓMETRO	EXTech INSTRUMENTS	S0700	Q752752	LFP-192-2018 LH-097-2018	DM-INACAL

6.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions
Temperatura Ambiente
Environment temperature
Humedad Relativa
Relative humidity
Presión Atmosférica
Atmospheric pressure
INICIAL Initial 20.4 °C 65.2 % 1000.5 mbar
FINAL Final 20.2 °C 68.4 % 1001.3 mbar

7.- OBSERVACIONES
Observations
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95%
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor $k=2$ for a confidence level of 95%
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.
The results are the average of 10 measurements.
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.
Place a label indicating calibration date and certificate number.

Rodrigo Merino Cárdenas
Jefe de Laboratorio
Certificaciones y Calibraciones SAC

Juliana Giraldo Areiza
Gerente General
Certificaciones y Calibraciones SAC

Pág. 1 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cygglobal.net
www.cygglobal.net

Ca. 8 N. 128-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0834-231118

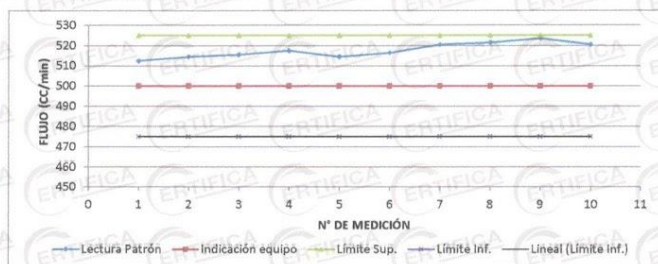
Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.- RESULTADOS
Results

8.1 RESULTADOS DE 500 ccm
Results of 500 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min
500	518	-18	5	25

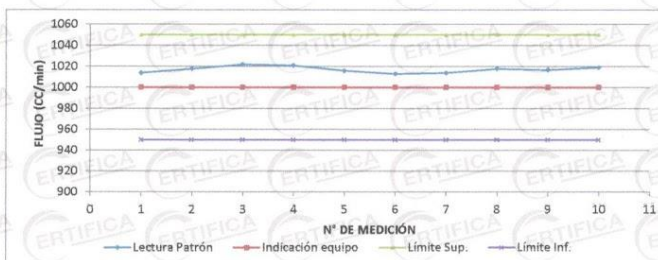
8.1.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.2 RESULTADOS DE 1000 ccm
Results of 1000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min	cc/min cc/min
1000	1024	-17	10	50

8.2.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pag. 2 de 4



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0834-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

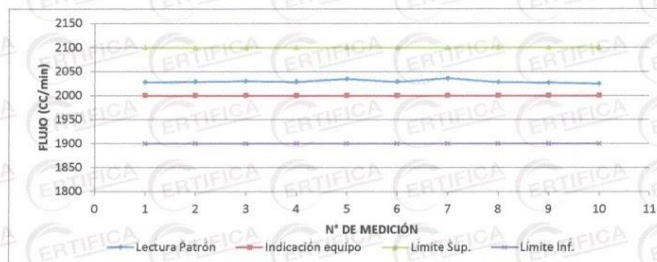
8.3 RESULTADOS DE 2000 ccm

Results of 2000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permissible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
2000	2029	-29	15	100

8.3.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS

Graphic Data dispersal



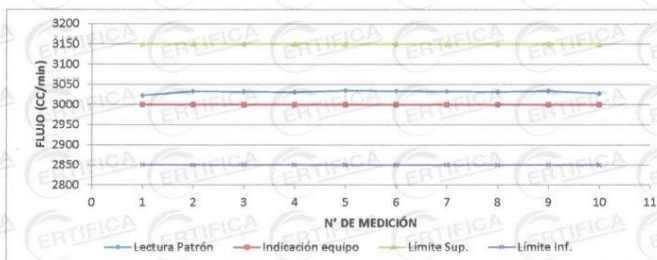
8.4 RESULTADOS DE 3000 ccm

Results of 3000 ccm

Valor nominal	Valor encontrado	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permissible
Nominal volume	Volume found	Error	uncertainty	Maximum Permissible Error
cc/min	cc/min	cc/min	cc/min	cc/min
3000	3031	-31	10	150

8.4.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS

Graphic Data dispersal



Pag. 3 de 4



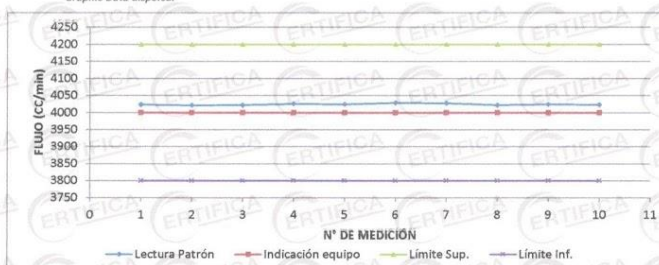
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0834-231118

Fecha de emisión
Issue date 2018-11-23

8.5 RESULTADOS DE 4000 ccm
Results of 4000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 4000	cc/min 4012	cc/min -12	cc/min 15	cc/min 200

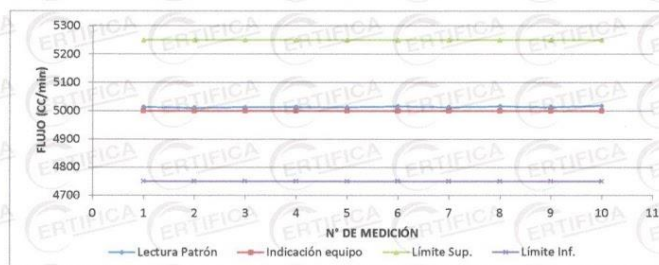
8.5.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.6 RESULTADOS DE 5000 ccm
Results of 5000 ccm

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
cc/min 5000	cc/min 5014	cc/min -14	cc/min 18	cc/min 250

8.6.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



CE-RS-BM/Enero2014/Rev.00

(FIN DEL DOCUMENTO)
(Document end)

Pág. 4 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cyglobal.net
www.cyglobal.net

Ca. 8 N. 12B-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

CERTIFICADO N°5: CALIBRADOR DE FLUJO PRIMARIO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CE-LM-0838-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

1.- SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA MISKI MAYO S.R.L.
Applicant
Dirección : AV. VICTOR ANDRES BELAUDE NRO. 147 DPTO. 701 INT. B (OFICINA 701 B - TORRE REAL TRES) LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CALIBRADOR DE FLUJO
Measuring instrument : FLOW CALIBRATOR
Marca : TSI Serie : 41461313015 Resolución : 0,001L/min
Brand : TSI Serial : Resolución
Modelo : 4146D Alcance : 20L/min Procedencia : U.S.A.
Model : Alcance : Made in
Codigo : NO INDICA
Code

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el 2018-11-14 en el Laboratorio de CERTIFICA S.A.C. Lima-Perú
Date and place of calibration : Calibration day : 2018-11-14 in the Laboratory CERTIFICA S.A.C. Lima - Perú

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología
Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology

5.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	SERIE Serial	CERTIFICADO Certificate	TRAZABILIDAD Traceability
CALIBRADOR PRIMARIO	BIOS DEFENDER	S30-M	131906	LFG-106-2018	DM-INACAL
BAROTERMOMIGRÓMETRO	EXTech INSTRUMENTS	SD700	Q752752	LFP-192-2018 LH-097-2018	DM-INACAL

6.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions
Temperatura Ambiente
Environment temperature
Humedad Relativa
Relative humidity
Presión Atmosférica
Atmospheric pressure
INICIAL Initial 21.4 °C 67.6 % 1001.5 mbar
FINAL Final 21.5 °C 68.9 % 1002.3 mbar

7.- OBSERVACIONES
Observations
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95%
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor $k=2$ for a confidence level of 95%
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.
The results are the average of 10 measurements.
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.
Place a label indicating calibration date and certificate number.

Rodolfo Merino Cárdenas
Jefe de Laboratorio
Certificaciones y Calibraciones SAC

Juliana Giraldo Areiza
Gerente General
Certificaciones y Calibraciones SAC

Pág. 1 de 4

Ca. Gabriela Mistral N° 216 Surquillo, Lima - Perú
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308

informes@cygglobal.net
www.cygglobal.net

Ca. 8 N. 12B-28 Local 2 Pereira- Colombia
Teléfono (511) 271 - 9082
Cel. 987482941 / 956768308



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-IM-0838-231118

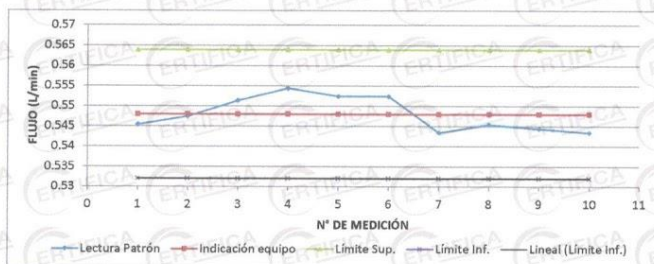
Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.- RESULTADOS
Results

8.1 RESULTADOS DE 0,5 L/min
Results of 0.5 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
L/min 0.548	L/min 0.546	L/min -0.002	L/min 0.005	L/min 0.016

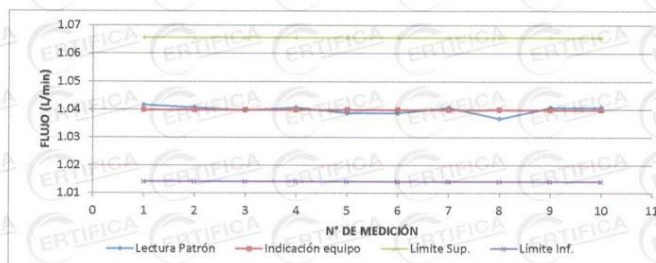
8.1.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.2 RESULTADOS DE 1 L/min
Results of 1 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
L/min 1.040	L/min 1.047	L/min 0.007	L/min 0.005	L/min 0.025

8.2.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pág. 2 de 4



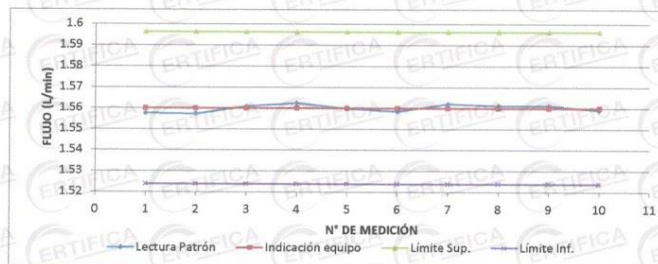
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0838-231118

Fecha de emisión : 2018-11-23
Issue date

8.3 RESULTADOS DE 1,5 L/min
Results of 1,5 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
L/min	L/min	L/min	L/min	L/min
1.560	1.578	0.018	0.008	0.036

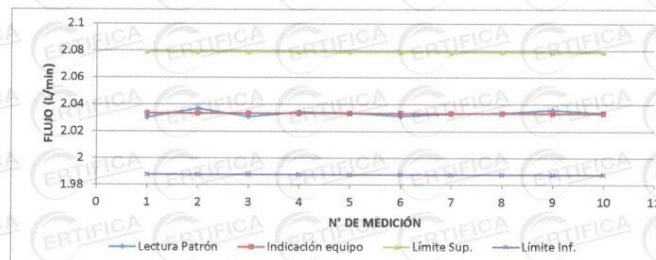
8.3.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.4 RESULTADOS DE 2 L/min
Results of 2 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permisible Maximum Permissible Error
L/min	L/min	L/min	L/min	L/min
2.033	2.046	0.013	0.005	0.046

8.4.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



Pag. 3 de 4



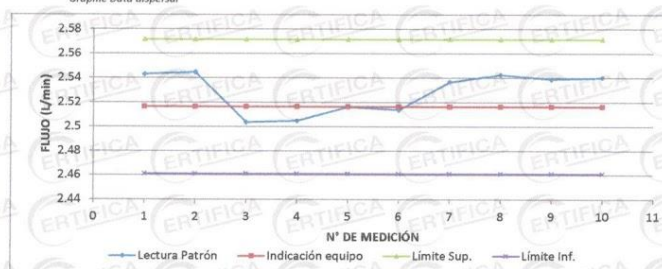
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
CE-LM-0838-231118

Fecha de emisión
Issue date 2018-11-23

8.5 RESULTADOS DE 2,5 L/min
Results of 2,5 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
L/min	L/min	L/min	L/min	L/min
2.516	2.559	0.043	0.012	0.055

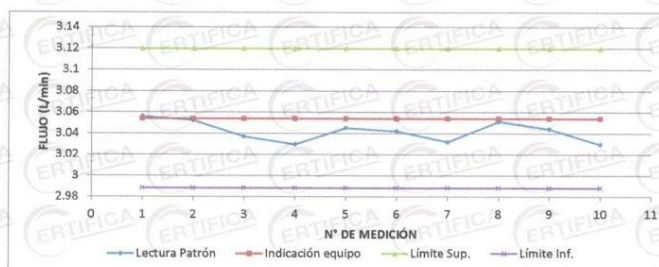
8.5.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



8.6 RESULTADOS DE 3 L/min
Results of 3 L/min

Valor nominal Nominal volume	Valor encontrado Volume found	Error Error	Incertidumbre uncertainty	Error Máximo Permissible Maximum Permissible Error
L/min	L/min	L/min	L/min	L/min
3.042	3.054	0.012	0.009	0.066

8.6.1 GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS
Graphic Data dispersal



CE-RS-BM/Enero2014/Rev.00

(FIN DEL DOCUMENTO)
(Document end)

Pag. 4 de 4

Anexo 3

PROGRAMA DE MONITOREO – COMPAÑÍA MINERA MISKIMAYO

AGENTE		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL
AGENTES FÍSICOS														
1	RUIDO													
1.1	DOSIMETRIAS DE RUIDO	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	110
1.2	SONOMETRIA			10			10			10	10			40
2	VIBRACIONES	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	55
3	ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR	3	2	2	2		2		2		2			15
4	RADIACIONES IONIZANTES			10			10			10			10	40
5	RADIACIONES NO IONIZANTES													
5.1	RADIACIONES UV	12	12	12	12		12			12		12		84
5.2	RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS		10		10			10			10			40
5.3	ILUMINACIÓN					30		30	30			30		120
5.4	ILUMINACION NOCTURNA			30		30			30			30		120
AGENTES QUÍMICOS														
6	DOSIMETRIAS DE POLVO RESPIRABLE	8	8		6	4	5	8	4	6	8		10	67
7	DOSIMETRIAS DE POLVO INHALABLE	8	8		6	4	5	8	4	6	8		10	67
8	HUMOS METÁLICOS			3	3	3								9
9	SÍLICE						5	5						10
10	CADMIO								5					5
11	VOC		3			3				3			3	12
12	OXIDO DE CALCIO			10	5	5								20
13	VAPORES INORGANICOS									3	3			6
AGENTES BIOLÓGICOS														
14	AGENTES BIOLÓGICOS POR ÁREAS				6							8		14
TOTALES		41	58	92	65	94	64	76	90	60	56	90	48	834