

Estudio de caso: inoperatividad de un equipo de Perforación por queja de ruidos altos

Case study: drilling rig inoperability due to loud noise complaint

Hermes Jilmer Cano Arratea¹

Recibido: 28/12/2022 - Aprobado: 16/02/2023 – Publicado: 30/03/2023

RESUMEN

El estudio de caso describe una investigación de higiene industrial iniciada en respuesta a inoperatividad de un equipo de perforación por quejas de ruidos altos, los trabajadores deciden paralizar uno de los tres equipos de perforación (P3: Perforadora 3) debido a que registra ruidos altos. Se inicia con el requerimiento de averiguación situacional de exposición a ruido de los trabajadores perforistas a fin de identificar y evaluar la exposición a ruido, para ello el higienista industrial, realiza una serie de mediciones de dosimetrías de ruido, los cuales tiene como objetivo declarar los resultados como aceptables o inaceptables en función de la normativa vigente, identificar las características de las fuentes de ruido bajo estudio y proponer medidas de control conforme a los hallazgos, comunicar los hallazgos y controles a los trabajadores y la gerencia. La población del estudio está conformada por operadores de perforadoras expuestos a ruido, población es 10 y la muestra de 11, la metodología usada para la elección de la muestra es NIOSH 77-173. Los resultados se analizaron bajo el UCL, obteniendo como resultados un perfil de exposición ruido aceptable y debajo del Límite Máximo Permissible. Y se obtiene que, de los tres perforadores codificados como P1: Perforadora 1, P2: Perforadora 2 y P3: Perforadora 3, esta última (Perforadora paralizada) es el más ruidoso ente los equipos evaluados sin embargo no genera un sub división cuantitativa del Grupo de Exposición Similar (GES).

Palabras claves: Medición de ruido, audición, conservación auditiva, monitoreo, ruido, perforación, GES, GHE.

ABSTRACT

The case study describes an industrial hygiene investigation initiated in response to a drilling rig down due to complaints of loud noise, workers decide to shut down one of three drilling rigs (P3: Drill 3) due to loud noise. It begins with the requirement of situational investigation of exposure to noise of the drilling workers in order to identify and evaluate the exposure to noise, for this the industrial hygienist performs a series of noise dosimetry detection, which aims to declare the results as acceptable or unacceptable based on current regulations, identify the characteristics of the noise sources under study and propose control measures in accordance with the fundamentals, communicate the fundamentals and controls to the workers and management. The study population is made up of drilling rig operators exposed to noise, population is 10 and the sample is 11, the methodology used for the selection of the sample is NIOSH 77-173. The results were analyzed under the UCL, obtaining as results an acceptable noise exposure profile and below the Maximum Permissible Limit. And it is obtained that, of the three drillers coded as P1: Driller 1, P2: Driller 2 and P3: Driller 3, the latter (paralyzed Driller) is the noisiest among the evaluating teams, however it does not generate a quantitative subdivision of the Group. of Similar Exposure (GES).

Keywords: Noise measurement, hearing, hearing conservation, monitoring, noise, drilling, GES, GHE.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado, Lima, Perú.

Maestría en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

E-mail: hs.j.cano@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9765-8228>

I. INTRODUCCIÓN

Típicamente los estudios de ruido en Higiene Industrial se dan por cumplimiento normativo, rara vez en nuestro país son motivos suficientes para una investigación interna extensa, sin embargo la normativa actual en material de Seguridad Salud en el Trabajo establece que el empleador debe brindar instrucciones para la interrupción de actividades en caso inminente de peligro, asimismo la guía N°1 del decreto supremo 024-2016-EM, titulada, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, define el procedimiento de medición de ruido, los límites máximos permisibles y hace mención que se puede usar las estadísticas para determinar con un nivel de confianza si la exposición de los trabajadores supera o no el límite máximo permisible para el tiempo de exposición.

Según la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA), como parte de caracterización básica se debe definir Grupo de Exposición Similar GES y que este debe estar liderado por el Higienista Industrial a fin de poder ejercer su juicio profesional sobre la aceptabilidad del perfil de exposición (AIHA, 2010).

El estudio se realizó en proceso de perforación en una unidad minera, debido a la inoperatividad de unos de los equipos de perforación por queja de los trabajadores, por presencia de ruidos altos.

El alcance del estudio incluye a 10 operadores de perforación agrupados en un Grupo de exposición similar codificado como MIN-001-O-P, quienes trabajan en forma rotativa en 3 perforadoras.

1.1. El perfil de exposición al sonido

El perfil de exposición se puede definir como la estimación de la intensidad de la exposición y como puede variar en el tiempo para cada Grupo de Exposición Similar GES (NIOSH, 2014).

Una metodología confiable y verificable para estimar la exposición al ruido del trabajador es el perfil de exposición al sonido, aplicación estructurada basado en tareas y puede ser que permita el uso óptimo de los datos recopilados en el campo (Hager, 2010).

El Grupo Homogéneo de Exposición (GHE) incluye trabajadores que tienen un perfil similar respecto a los agentes bajo estudio con similitud respecto a la frecuencia de exposición, materiales o procesos, los cuales forma parte de su actividad (NIOSH, 2014)

“Muchas veces se usa la palabra ruido para describir el sonido no deseado”, pero debe precisar que dicha descripción es desde un punto de vista solamente subjetivo, también se tiene desde un punto de vista mecánico como “las fluctuaciones en la presión por encima y por debajo de la presión ambiental de un medio que tiene elasticidad y viscosidad”; el medio puede ser un sólido, un líquido o un gas (Associates in Acoustics, 2009).

El rango de audición humana aceptado se extiende desde 20 Hz hasta 20.000 Hz.

El Leq,T , mostrado en la ecuación N° 1 es una expresión matemática que permite calcular el Nivel de Presión Sonora a lo largo de un periodo de tiempo (Associates in Acoustics, 2009).

$$LAeqT = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T P \left[\frac{A(t)}{P_0} \right]^2 dt \right) \dots Ec.1$$

P_A = Presión Acústica

P_0 = Presión de Referencia

De acuerdo decreto supremo 024-2016-EM "Cuando el nivel de ruido o el nivel de exposición superen los valores indicados en la tabla 1, se adoptarán las medidas correctivas siguiendo la jerarquía de controles establecida en el artículo 96 del presente reglamento.

Para la medición de ruido se utilizará la Guía N° 1". Decreto supremo 024-2016, Artículo 103 (MINEM, 2016).

Tabla 1. Tiempo máximo de exposición en una jornada laboral

Escala de ponderación "A"	Tiempo de Exposición Máximo en una jornada laboral
82 decibeles	16 horas/día
83 decibeles	12 horas/día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 1/2 horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora / día

Fuente: Decreto Supremo 024-2016-EM (MINEM, 2016)

El límite Máximo permisible para una jornada laboral de 12 horas establecido en la guía N°1 del supremo 024-2016-EM es igual a 83dB.

Con la finalidad de generar un mejor entendimiento se ha generado una escala de colores en función del Límite máximo permisible, el cual se detalla en la Figura 1.

II. MÉTODOS

2.1. Población de estudio

La medición se efectuó utilizando un equipo denominado dosímetro, el cual se coloca en la zona de respiración del trabajador y son portados por un tiempo mínimo del setenta (70%) de la duración de la trabajo, que para el presente estudio fue de 12 horas.

El alcance del estudio incluye a 10 operadores de perforación agrupados en un Grupo de exposición similar codificado como MIN-001-O-P, quienes trabajan en forma rotativa en 3 perforadoras codificado para fines del estudio como P1, P2 y P3.

La muestra estuvo constituida por 10 trabajadores agrupados en un solo GES, en la Tabla 2, se muestra los puestos que conformaron el estudio.

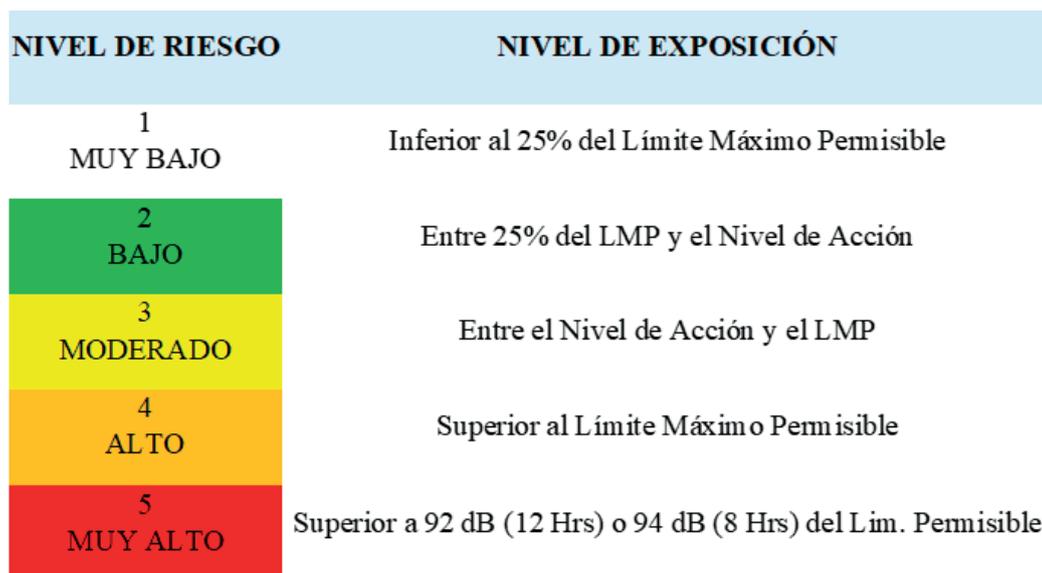


Figura 1. Clasificación con colores de los índices de exposición.

Nota: Nivel de Acción se refiere a la mitad del valor establecido como Límite, es decir si tiene valor 83dB de Límite, la mitad a una escala logarítmica para una tasa de cambio de 3dB será 80dB.

Tabla 2. Puestos que conforman los Grupos de Exposición Similar (GES) y su respectiva población

Código GES	Nombre del GES	Puestos que conforman el GES	Nº de personas (N)
MIN-001-O-P	Operador de perforadora	operador de perforadora I, operador de perforadora II y operador de perforadora III	10

Para elección de muestra, el estudio consideró recomendaciones del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (conocido por sus siglas en inglés como NIOSH), que considera una cantidad de muestra igual al de la población para poblaciones menores a 12 (Tabla 3).

Tabla 3. Tamaño de muestra el 10% superior (t-0.1) y confianza de 95% ($\alpha=0.05$) (usar n igual N, si $N < 11$)

N	12	13-14	15-16	(...)	42-50	50	>50
n	11	12	13	(...)	20	18	29

Fuente: Adaptación de la tabla A-2 del Manual de estrategia de muestreo de exposición ocupacional NIOSH 77-173

En la Tabla 4, se puede observar la muestra (n) igual a 11 para cada población (N) igual a 10, es decir incluso mayor a la cantidad recomendado por la metodología NIOSH 77-173, cantidad que garantiza la confiabilidad de las muestras y resultados (ver Figura 2).

Tabla 4. Numero de muestra respecto a la población

Descripción del GES	Código del GES	N	n
Operador de perforadora	MIN-001-O-P	10	11

III. RESULTADOS

Los resultados de los niveles de exposición a ruido y niveles de Presión sonora comparativo entre los tres equipos de perforación son expuestos son discutidos en

esta parte. A partir de niveles de exposición registrados también determinamos el Límite de confianza superior (UCL), el mayor valor L_{max} , dB(A) y L_{pico} (dBC) de las 11 evaluaciones realizadas. Asimismo, se realiza comparaciones de Nivel de Presión sonora emitido por los equipos de perforación en condiciones idénticas.

3.1. Resultados de las mediciones

En Tabla 5, desde la tercera columna se muestran los Nivel de exposición a ruido, estos tienen un color conforme a la Figura 1, es decir indica el nivel de riesgo de cada resultado, de los 11 resultados para el Grupo de Exposición similar (GES) codificados desde RUI-01 hasta RUI-11, se obtiene con seis registros con Nivel de Riesgo Blanco (MUY BAJO), dos registros con Nivel de Riesgo verde (BAJO), dos registros con Nivel de Riesgo amarillo (MODERADO) y un registro con Nivel de Riesgo naranja (ALTO), al finalizar la columna se muestra Límite de confianza superior (UCL), de forma similar en la cuarta columna se muestra los valores L_{max} , dB(A) y al finalizar la columna se muestra su mayor valor, finalmente en la quinta columna se muestra los valores L_{pico} (dBC) y al finalizar la columna se muestra su mayor valor, en todos los casos se muestra Límite Máximo Permisible indicado en la guía N°1 del DS N° 024 (MINEM, 2016), (Martin, 2010).

En la Figura 3, se muestra el resultado comparativo de nivel de exposición a ruido para el Grupo de Exposición Similar (GES), es decir la comparación Límite de confianza superior (UCL) con y sin protección auditiva, comparado con el Límite Máximo Permisible y el Nivel de Acción.

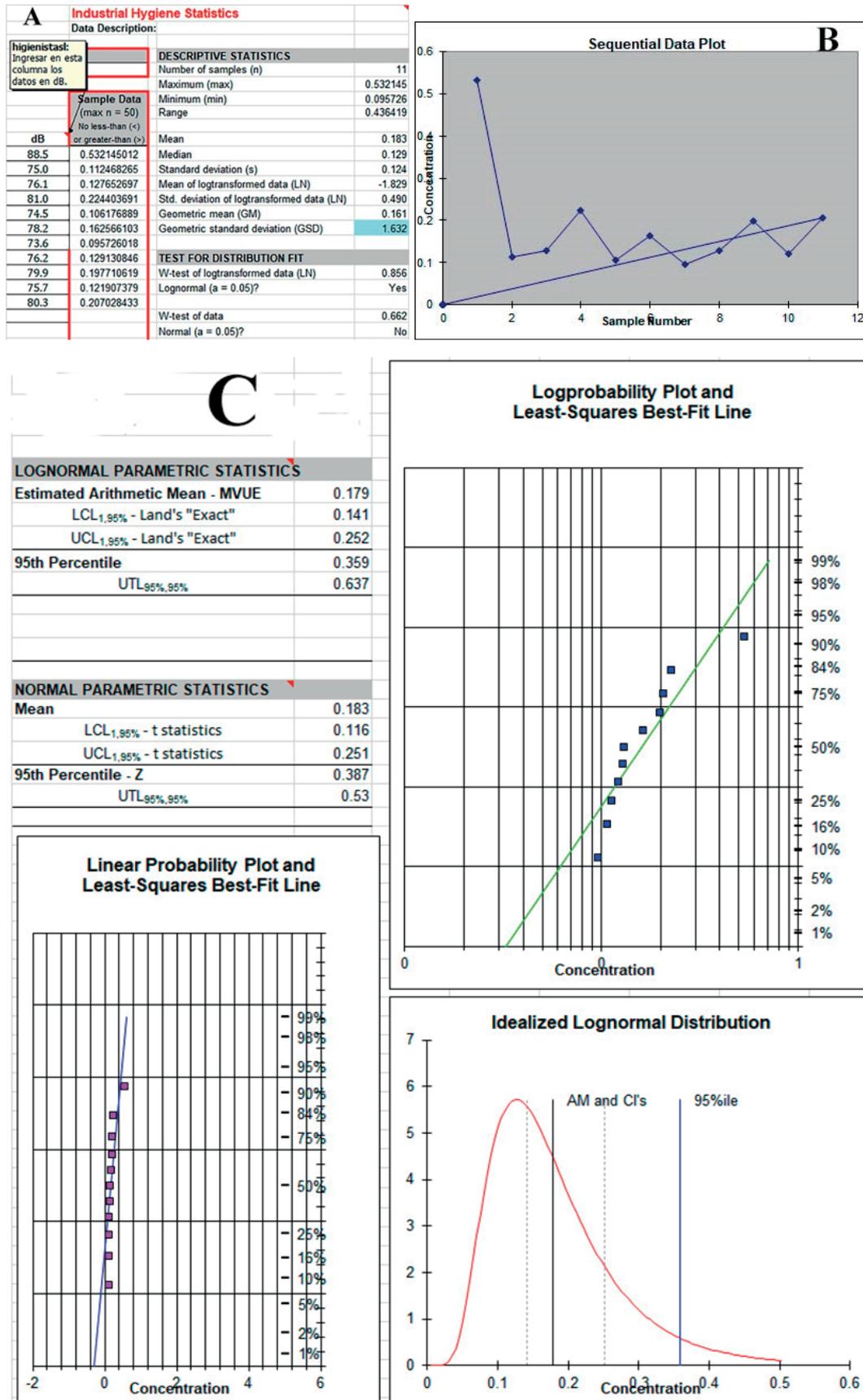


Figura 2. Hoja Excel utilizado para el cálculo del Límite de confianza superior (UCL). A. registros de Nivel de ruido equivalente continuo Leq (dBA) mostrados en la Tabla 5, el software convierte el registro de unidad decibeles a presión Sonora en pascales, con estos datos calcula los principales indicadores estadísticos y genera un test de distribución B. Gráfico de dispersión C. Resultado de del test de distribución y gráficos de distribución lognormal.

Tabla 5. Nivel diario de exposición al ruido ponderado A, Lmax, dB(A) y Lpico (dBC) para cada medición realizada

Cód. Muestra	Tipo de protección auditiva		NRR del EPP	Nivel de exposición sin protección auditiva-Leq (dBA)	Lmax, dB(A)	Lpico (dBC)
	0: No utilizó					
	1: Protección simple					
	2: Protección doble					
RUI-01	1		25	88.5	108.3	127.9
RUI-02	1		25	75	102.6	127.4
RUI-03	1		25	76.1	102	131.8
RUI-04	1		25	81	100.6	131.2
RUI-05	1		25	74.5	100.3	130.9
RUI-06	1		25	78.2	107.1	129.4
RUI-07	1		25	73.6	98.5	130.3
RUI-08	1		25	76.2	105.7	134.7
RUI-09	1		25	79.9	103.2	131.3
RUI-10	1		25	75.7	105.8	132.4
RUI-11	1		25	80.3	106.5	131.3
Resultado UCL y mayor valor				UCL (dB) =81.9	Mayor valor =108.3	Mayor valor =134.7
Limite Permisible/Nivel de Acción				LMP =83/N.A=80	LMP=115	LMP=140

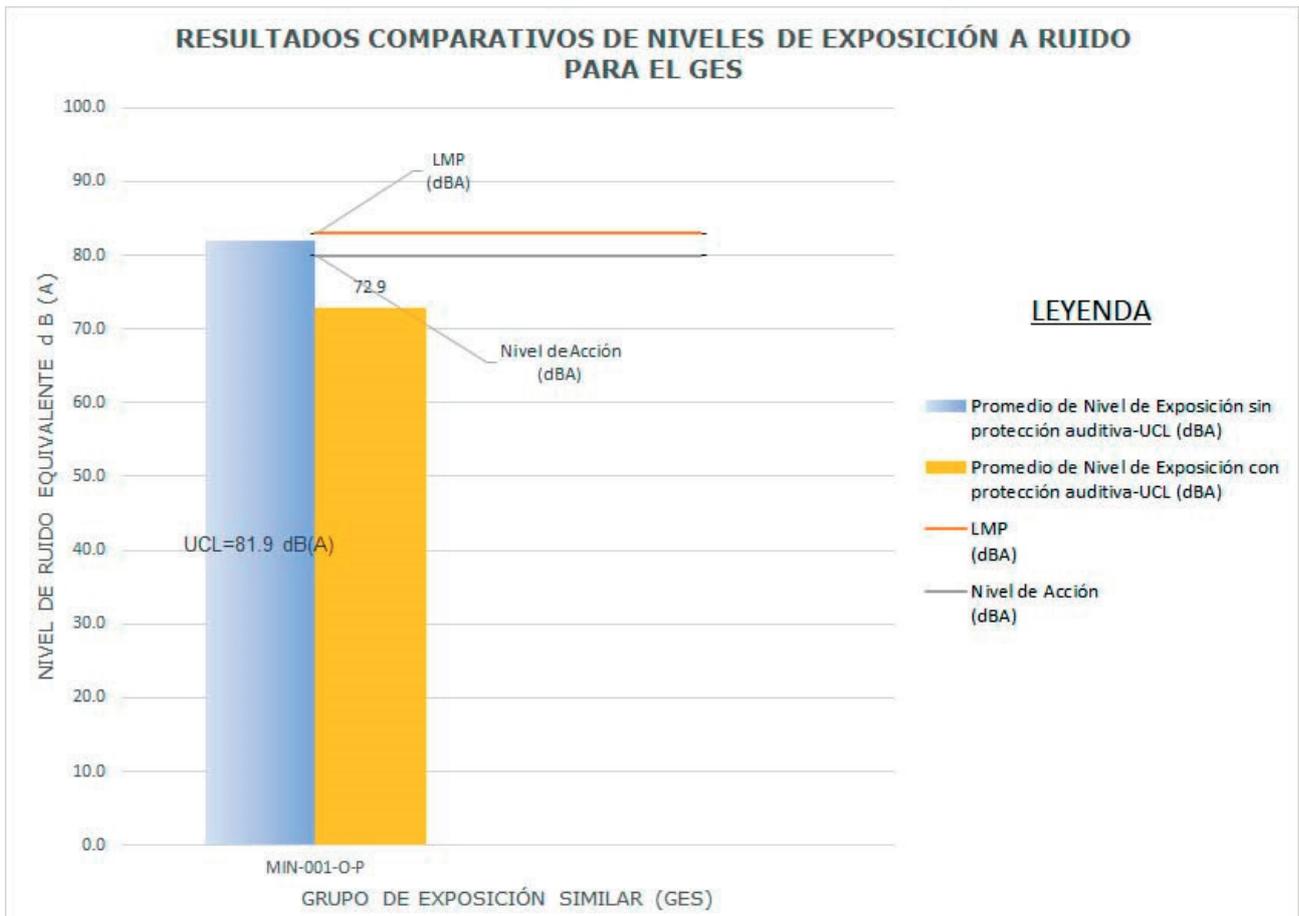


Figura 3. Resultado comparativo de nivel de exposición a ruido para el GES.

En la Figura 4 se muestra el resultado comparativo del nivel de presión sonora dentro de la cabina, entre las tres perforadoras en las mismas condiciones de funcionamiento.

En la Figura 5 se muestra el resultado comparativo del nivel de presión sonora para perforadora 3 codificado como P1 y P3, en las mismas condiciones de funcionamiento.

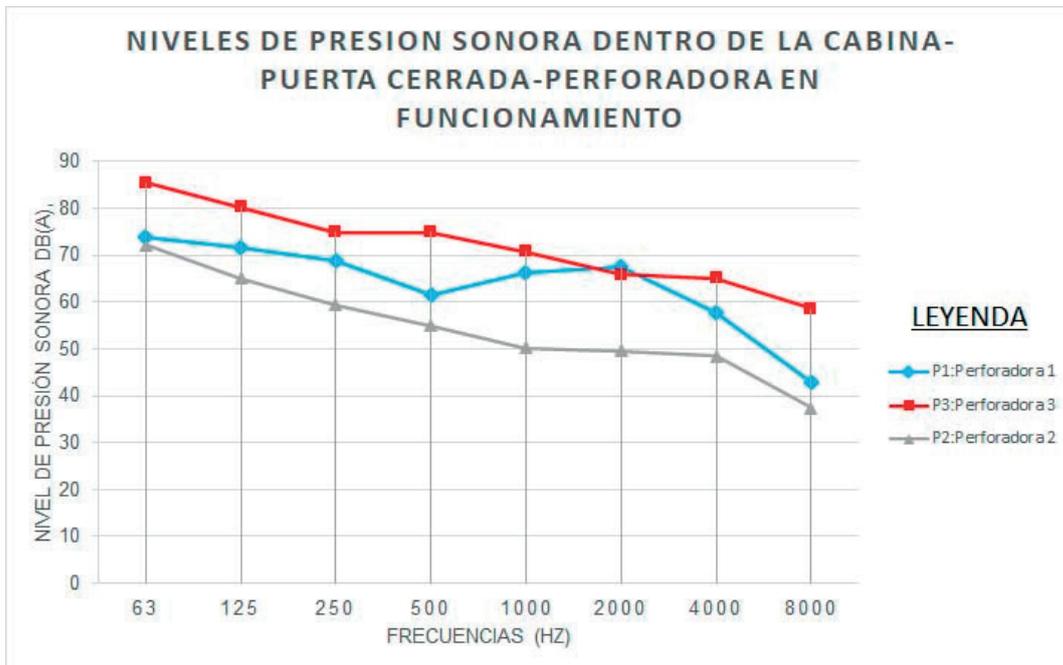


Figura 4. Resultado comparativo del nivel de presión sonora dentro de la cabina, entre las tres perforadoras en las mismas condiciones de funcionamiento.

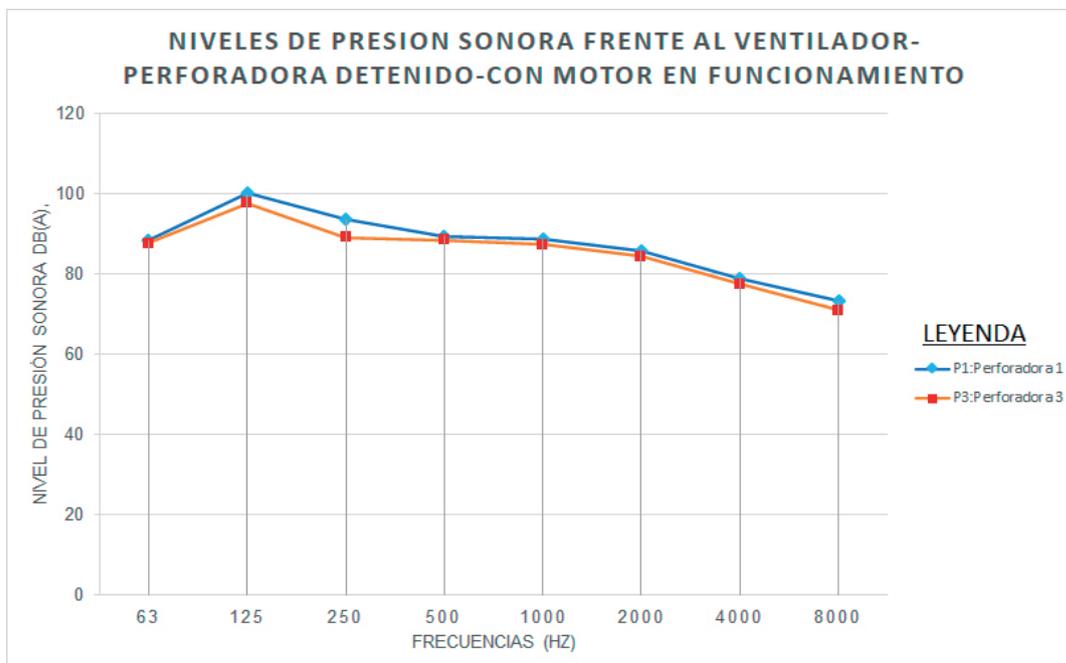


Figura 5. Resultado comparativo del nivel de presión sonora frente al ventilador, entre las perforadoras P1 y P3, en las mismas condiciones de funcionamiento.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Grupos de exposición similar (GES)

Se agrupa a los colaboradores de las tres (03) perforadoras con el nombre de operador de perforadora (MIN-001-O-P) a fin de descartar la hipótesis de que el equipo codificado como P3, pueda generar un desviación estándar alto (igual o mayor a 3) en el cálculo estadístico de los resultados en comparación a los resultados generados por otros dos equipos codificados como P1 y P2.

4.2. Resultado de las evaluaciones de dosimetrías

En la Tabla 2, se describe todos los puestos que integran al Grupo de Exposición Similar (GES), la denominación del Grupo de Exposición Similar (GES) definido como "Operador de perforadora que hace referencia a las personas (10 personas) que integran el Grupo.

En la Tabla 3, se describe la cantidad de muestras (n) que el Higienista Industrial debe elegir de la población (N), para tener un nivel de confianza del 95%, tal como se muestra en la en la Tabla 4.

En la Tabla 4, se presentan la cantidad de muestras elegidas en función al criterio definido.

En la Tabla 5, se presenta los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, se presenta el L_{eq} (dBA), L_{max} , dB(A) y L_{pico} (dBC), se debe precisar que en caso de L_{eq} (dBA) se obtiene un indicador estadístico (UCL) y este se compara con Límite Máximo Permisible, en caso de los parámetros L_{max} , dB(A) y L_{pico} (dBC) se registra al mayor valor y este se compara con los límites establecidos para cada parámetro. Se considera importante para el presente estudio el indicador L_{pico} (dBC) debido a que los impactos de algún componente de los perforadores podrían generar un ruido pico.

En la Figura 3, se realizó una comparación entre el nivel de exposición ponderado sin y con protección auditiva-UCL (dBA) con el Límite Máximo permisible (LMP), Se precisa que, el cálculo de atenuación se realiza del límite de confianza superior (UCL). En la Figura 4 y 5, se realizó un análisis comparativo de Nivel de Presión Sonora en las mismas condiciones de funcionamiento.

4.3. Análisis de resultados

De acuerdo con el criterio de selección de la muestra, se concluyó usando el parámetro límite de confianza superior al 95% (UCL, 95%).

La precisión del método "exacto" de Land fue usado para determinar límite de confianza superior (UCL1, 95%), este método introduce el nivel de exposición ponderado, que el programa convierte automáticamente a Pascales cuadrado (Pa)² y entonces analizando el resultado bajo los Estadísticas Paramétricas Normal o Log-Normales, también recomienda que parámetro debería usarse.

V. CONCLUSIONES

- De las 11 muestras realizadas para el GES MIN-001-O-P y parametrizado al parámetro estadístico lognormal, registra una desviación geométrica estándar de 1.6 el cual indica que existe poca variabilidad entre los resultados, con ello se descarta la hipótesis de que el equipo codificado como P3, pueda generar un desviación estándar alto para dosimetría de ruido (igual o mayor a 3) en comparación de las perforadoras codificados como P1 y P2. Es decir, si se realizara un muestreo aleatorio en la medición de ruido por dosimetría para el Grupo de Exposición Similar (GES) conformado por operadores de perforación participantes en el estudio, se puede estar 95% seguro que el valor resultara inferior a 81.9 dB(A). Por lo que se declara el resultado como aceptable y se recomienda continuar con las operaciones.
- Las fuentes de ruido para el GES evaluados están conformados por 3 perforadoras con las siguientes descripciones:
 - PERFORADORA P1: Perforadora de marca EPIROC, modelo DML, serie US009888, que tiene un motor con una potencia de 700HP. La cabina está adherida a la estructura principal mediante un tiraje de goma de ¼ de pulgada, asimismo, el asiento se encuentra sobre una placa y pedestal elevador.
 - PERFORADORA P2: Perforadora de marca EPIROC, modelo PV-275, serie US004883, que tiene un motor con una potencia de 800HP. La cabina está separada de la estructura principal mediante soporte amortiguador de goma, ubicados en las cuatro esquinas de la cabina. Asimismo, la cabina cuenta con asientos con suspensión y con cerramiento acústico.
 - PERFORADORA P3: Perforadora de marca ATLAS COPCO, modelo DML, serie US008722, que tiene un motor con una potencia de 630HP. La cabina está adherida a la estructura principal mediante un tiraje de goma de ¼ de pulgada, asimismo, el asiento se encuentra en contacto directo con la plataforma que esta sobre el tiraje de goma mediante un pedestal metálico.
- El límite de confianza superior (UCL) para el Grupos de Exposición Similar (GES) evaluados, presenta un nivel de exposición sin protección auditiva menor al Límite Máximo Permisible (LMP). Este panorama resulta bastante favorable y evidencia que el GES tiene categoría de moderado, lo que supone que se puede convivir con escenarios en este nivel de riesgo y que no existe un riesgo sustancialmente elevado de perdida inducida por ruido, sin embargo, pueden generarse un mayor riesgo de presión arterial

elevada, hipertensión y cardiopatía isquémica para los cuales el LMP, no puede ser protector.

4. La perforadora codificada como P3, es el más ruidoso ente los equipos evaluados sin embargo no genera un sub división cuantitativa del Grupo de Exposición Similar conformado.
5. Se recomienda dotar a orejeras tipo vincha con banda superior, modelo X5A a los colaboradores percibientes al Grupo de Exposición similar (GES), uso obligatorio de doble protección auditiva para trabajos eventuales fuera de cabina, realizar inspecciones y limpieza del equipo previo al inicio de labores y con el equipo apagado, esto de debido a que se registran ruidos máximos en las pruebas realizadas con las puertas abiertas o durante trabajos fuera de cabina, reforzar el programa de Protección Auditiva, comunicar los resultados a los colaboradores.

VI. AGRADECIMIENTOS

Para los colaboradores que formaron parte del presente estudio, para mis colegas, y mis seres queridos que me inspiran a aprender cada día. A mi asesora la Dra. Nora Rosa Concepción Malca Casavilca, mi aprecio y un gran reconocimiento por su capacidad de colaboración y contribución en el asesoramiento.

VII. REFERENCIAS

- AIHA. (2010). La Estrategia para la Evaluación de la Exposición Ocupacional. In American Industriak Hygiene Association (Ed.), *American Industrial Hygiene Association*. https://online-ams.aiha.org/amsssa/ecssashop.show_product_detail?p_mode=detail&p_product_serno=885&p_cust_id=&p_order_serno=&p_promo_cd=&p_price_cd=&p_category_id=&p_session_serno=&p_trans_ty=
- Associates in Acoustics. (2009). *Manual del Estudiante: Ruido-Medicación y sus Efectos* (I. Associates in Acoustics, Ed.). BP International Limited and the University of Wollongong. <https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/ohta-uploads/Training-Docs/W503-Noise/JC22-v1-0-09Apr10-W503-Manual-del-estudiante-1.pdf>
- Hager, L. D. (2010). Sound Exposure Profiling: A Noise Monitoring Alternative. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 59(6), 414–418. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15428119891010677>
- Martin, J. R. (2010). The Sensitive Individual and the Indoor Environment: Case Study. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(11), 1121–1126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15428119591016340>
- MINEM. (2016, September 7). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería Decreto Supremo N° 024-2016-EM*. Ministerio de Energía y Minas. OSINERGMIN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/901782/DS-024-2016-EM.pdf?v=1593568355>
- NIOSH. (2014). Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. In *DHHS (NIOSH) Publication Number 77-173*. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/77-173/default.html>