

Reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca, Perú

Solio M. Arango Retamozo¹

¹Proyecto Minero Conga; solioa77@gmail.com

Recibido: 16-01-12

Aceptado: 13-06-13

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la Mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca. La muestra estuvo formada por la maquinaria y equipos de la minera generadores de ruido, y el personal de la explotación de la minera Coimolache. La medición de la contaminación sonora, se realizó empleando un Sonómetro (Sound Level Meter); así mismo se utilizó la Matriz de Riesgos (Matriz de Leopold) y se determinó el tiempo de exposición (TER) al ruido por el personal de acuerdo al área. Los resultados permitieron identificar que los equipos y maquinarias que generan mayor ruido fueron el martillo neumático IR con un rango entre 103 a 113 dB y rock drill IR 354 con una variación de 102 a 111 dB. También se determinó que la zona que presento menor nivel de riesgo fueron las dentro de las cabinas (Excavadora y martillo); donde el ruido alcanzó un 70 dB y presento un TER de 256 hrs de exposición; indicando un nivel bajo de riesgo. Se concluye que el ruido generado por las maquinas y equipos en el área de explotación es del tipo nocivo para la salud, requiriéndose un plan de gestión para su minimización.

Palabras clave: *Explotación de caliza, ruido de maquinas, impacto sonoro, reducción de ruido.*

ABSTRACT

This research was aimed to implement the program of reducing noise impacts on the exploitation of limestone in the Coimolache mine, located in Bambamarca, Cajamarca. The sample consisted of machinery and equipment of the mining noise generators, and the operating staff of Coimolache mine. Measurement noise pollution was carried out using an SLM (Sound Level Meter), likewise used the Risk Matrix (Leopold matrix) and to determine the exposure time (SRT) in noise by the personnel according the area. It was identifying the equipment and machinery that generates more noise were a jackhammer IR with a range of 103 to 113 dB and 354 IR rock drill with a range from 102 to 111 dB. We also determined that the area to show lower levels of risk were in the cabins (excavator and hammer), where the noise reached 70 dB and has a TER of 256 hrs of exposure, indicating a low level of risk. We conclude that the noise generated by machinery and equipment operating in the area is a health hazard type, requiring a management plan for its minimization.

Key words: *Exploitation of limestone, machine noise, noise impact, noise reduction.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el impacto de la minería es uno de los problemas que afecta al medio ambiente mundial, donde el Perú no se encuentra exento de dicho problema, ya que es un país con grandes yacimientos mineros. De la misma manera, se sabe que la minería trae grandes beneficios económicos, pero a la vez graves problemas ambientales (Allan & Salomons, 1995; Hruschka 1998).

En la minería de la explotación de la caliza, uno de los aspectos de la contaminación, es la sonora, que se va a notar principalmente en la salud de las personas y animales del lugar debido a los ruidos producidos a causa del uso de maquinarias y equipos para la perforación manual; maquinaria, tránsito de camiones y equipos pesados, así como voladura del material de caliza para el sistema de banqueo en la explotación de la misma (Jambor & Bowes. 1994).

De acuerdo a investigaciones preliminares, en la mayoría de los casos, los pequeños productores de cal, han explotado caliza de manera artesanal y empírica a lo largo del Perú, produciendo impactos ambientales negativos que el gobierno a través del Ministerio del Medio Ambiente no los han controlado. El incumplimiento de las normas dadas por el gobierno no están siendo debidamente monitoreadas a lo largo de las canteras existente en el país como la Cantera de Caliza de Otuzco en Cajamarca, Cantera de Caliza de Simbal en Trujillo – La Libertad; Cantera de Caliza de China Linda – Yanacocha – Cajamarca; Cantera de Caliza de Hualgayoc – Bambamarca – Cajamarca, etc. (MINEM, 2010).

En la localidad de Coimolache, del distrito de Hualgayoc, provincia de Bambarca, departamento de Cajamarca, existe un yacimiento de Caliza de grandes proporciones y de buena calidad para producir cal, explotada por la Minera Gold Fields. Esta genera ruidos producidos por los motores de combustión interna de maquinarias y vehículos a pesar de ser controlados hasta los niveles permisibles, mediante el mantenimiento preventivo de vehículos y maquinarias; es necesario la implementación de mejores medidas para reducir lo impacto sonoros generados por la actividad minera.

La gestión ambiental pretende minimizar las intrusiones de la minería en los diversos ecosistemas; elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por la verdadera humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio ecológico (Rojas, 2008).

Por ello, es importante contar con un programa de Gestión Ambiental, el cual implica la interrelación con múltiples ciencias, debiendo existir una inter y transdisciplinaridad para abordar las problemáticas, ya que en la gestión del ambiente, tiene mucho que ver con las ciencias sociales (economía, sociología, geografía, etc.), con la gestión de empresas.

Siendo el objetivo de esta investigación fue determinar la reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la Mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material de Estudio

El material de estudio de la investigación estuvo constituido por la maquinaria y equipos de la minera generadores de ruido y el personal de la explotación de la minera Coimolache de la provincia de Bambamarca del departamento de Cajamarca, lugar en el que se encuentra el yacimiento de caliza.

2.2. Métodos y Técnicas

La medición de la contaminación sonora se realizó empleando un Sonómetro (Sound Level Meter) con escala de medición alta (75 a 130dB) y baja (35 a 90dB), Cat N° 33 – 2055, propiedad de la minera debidamente calibrado. Las mediciones se realizaron en equipos y maquinarias de las diferentes áreas de la minera (Tabla 1). Se realizaron muestreos quincenales de junio a octubre del 2009.

Las mediciones se realizaron localizando un micrófono en la posición que ocuparía la cabeza del operador, sin encontrarse este presente. En este caso, el micrófono se situó a 10 cm de la entrada del canal auditivo, eligiendo la posición del oído que se encuentre expuesto a mayores niveles de ruido. En el caso de la medición referida al impacto sonoro de acuerdo a la distancia del operador y el centro de generación del ruido, la muestra se tomó en un radió de 10m referido al centro de generación del ruido (ISO 9612, 1997).

Tabla 1. Equipos y maquinas empleadas en la minería de la explotación de la caliza en la mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca.

N°	Maquinaria / equipo	Medición en puesto fijo (presencia o ausencia del operador)	Área
1	Martillo neumático IR	Ausencia	Perforación
2	Martillo JOY	Ausencia	Perforación secundaria
3	Rock drill IR 354	Presencia	Perforación
4	Rodillo vibratorio de 12 Tn	Presencia	Compactación
5	Cargador Frontal CAT 966	Presencia	Carguío y transporte
6	Tractor CAT D8R	Presencia	Carguío y transporte
7	Camión NL12 Volvo	Presencia	Carguío y transporte
8	Retroexcavadora CAT 330	Presencia	Carguío y transporte

En la evaluación de Riesgos de Impactos Ambientales se utilizó la Matriz de Riesgos (Matriz de Leopold), con lo cual se clasificó los riesgos de bajo, moderados, y altos (grado de criticidad), en cada una de las actividades de la preparación, desarrollo y explotación de la cantera de caliza. Así mismo se determinó el tiempo de exposición a ruido por el personal de acuerdo al área. Se empleó la siguiente fórmula para determinar el tiempo de exposición recomendado (TER) sin protección auditiva:

$$TER = \frac{8}{2^{\frac{(Leq-85)}{3}}}$$

Donde:

- TER = Tiempo de exposición recomendado.
- Leq = Nivel de ruido equivalente continuo, con tasa de cambio de 3dB.

Se usaron medidas de mitigación como propuesta de solución para la reducción del ruido. En este método, se indicó el rediseño, el encapsulamiento y recubrimiento de equipos y/o maquinas; así como la implementación de equipos de seguridad para la minimización del ruido generado por los equipos y maquinas.

- **Rediseño de la cámara de expansión del martillo neumático;** consistió en utilizar un silenciador reactivo que dependen de la reflexión o expansión de las ondas sonoras con autodestrucción correspondiente como el mecanismo básico de reducción del ruido. El rendimiento acústico del silenciador reactivo es más bien selectivo espectralmente. Para muchas aplicaciones el silenciador debe ser diseñado o calibrado a frecuencias discretas del ruido. Las dimensiones L, S1 y S2 son parámetros básicos de diseño (Fig. 1).

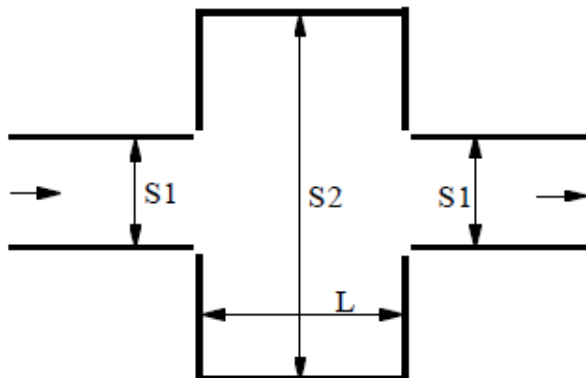


Fig. 1. Áreas S1 y S2 de cruce- seccional y silenciador de longitud L en una cámara de expansión simple.

- **Encapsulamiento del Rock drill;** consistió en la aplicación de un SmartRig; que son un conjunto de herramientas que le permiten optimizar las operaciones, para mantener su ventaja competitiva y maximizar la rentabilidad. Más inteligente de perforación con SmartRig (Fig. 2).



Fig. 2. Rock Drill equipado con SmartRig (Encapsulamiento).

- **Encerramiento acústico de motor;** fue una construcción de pared, donde se combinan material de planchas y un compuesto de materiales de absorción y de barrera (Fig. 3.). Tomando en cuenta que los encerramientos sí tienen en el interior láminas de absorción. La mayor parte del encerramiento tiene numerosas penetraciones, debido a los conductos eléctricos, la plomería, carga de alimentación, y las aberturas de ventilación para refrigeración. Las aberturas pequeñas son fáciles de sellar con cinta adhesiva, etc. Sin embargo, debe utilizarse trampas para el sonido, las que se encuentran comercializadas, para aberturas grandes que sirven en la entrada y salida del aire (Fig. 3).

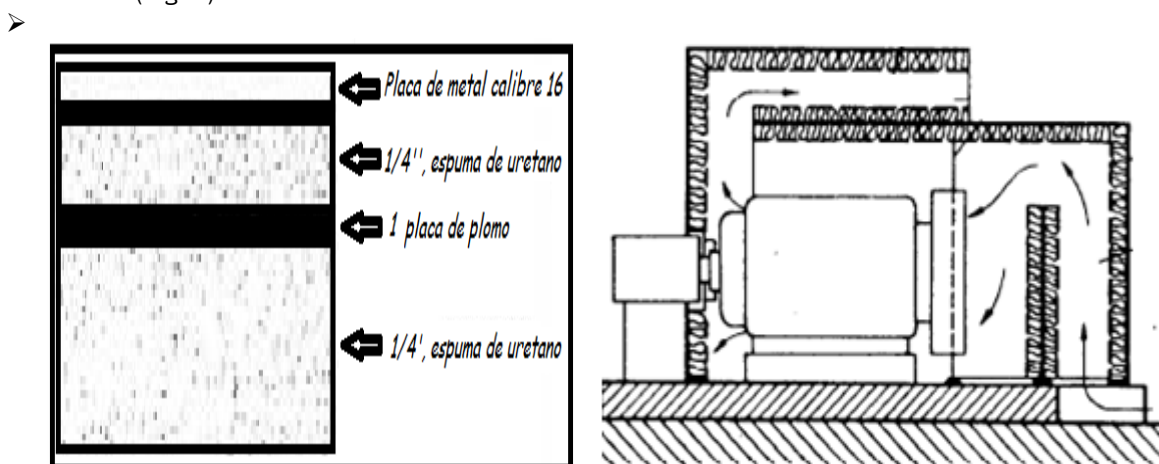


Fig. 3. Izquierda: Panel de encerramiento acústico para motores; Derecha: Trampa para el sonido

- **Silenciadores;** son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas (tubo de escape o admisión). Su misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido por el tubo de admisión o escape. Este se compone de un envoltorio y celdillas en chapa galvanizada y/o lacada o en acero aleado o inoxidable y material absorbente: fibra de vidrio/lana de roca/poliéster.

Procedimiento y análisis estadístico de datos

Una vez completado el trabajo de campo, se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos con la ayuda de tabulación de datos, cuadros estadísticos y figuras en el Programa Excel; para determinar los niveles de contaminación sonora. En el análisis descriptivo se han estudiado diferentes medidas de centralización (media y mediana) y de dispersión (desviación típica, rango).

III. RESULTADOS

3.1. Medición del ruido antes de la implementación

Medición del ruido

En minera, se realizaron mediciones de ruido de las diferentes maquinarias que producen ruidos o contaminación sonora durante la explotación de minerales, especialmente de la caliza y se han obtenido datos que a continuación vamos a mostrar, son datos promedios de diferentes mediciones. Se ha encontrado que las máquinas que generan mayor ruido fueron el martillo neumático IR con un rango entre 103 a 113 dB y rock drill IR 354 con una variación de 102 a 111 dB; también se identificó otros equipos como rodillo vibratorio de 12 tn, martillo JOY, cargador frontal CAT 966, tractor CAT D8R, camión NL 12 Volvo y retroexcavadora CAT 330 (Tabla 2).

Tiempo de exposición recomendado (TER) a personal que manipulas los equipos y maquinas

El tiempo de exposición recomendado (TER) sin protección auditiva, en cada equipo y maquinaria, que el personal puede estar expuesto varió de acuerdo a los equipos/máquinas, siendo las TER menores en las área de perforación; principalmente para el martillo neumático IR con un TER de 0,03 hrs y el rock drill IR 354 con un TER de 0,06 Hrs. Los maquinas que presentan un TER mayor fueron las del área de carguío y transporte; siendo estas la retroexcavadora CAT 360 con un TER de 4 hrs y el cargador frontal CAT 966, que presentó un TER de 2 hrs (Tabla 2).

Tabla 2. Medición de ruido de los diferentes equipos y maquinas empleadas en la minería de la explotación de la caliza en la mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca.

N°	Área	Maquinaria / equipo	Leq. (dB)	TER (hrs)
1	Perforación	Martillo neumático IR	103 a 113	0,03
2		Martillo JOY	87 a 95	2,0
3		Rock drill IR 354	102 a 111	0,06
4	Compactación	Rodillo vibratorio de 12 Tn	90 a 96	1,0
5	Carguío y transporte	Cargador Frontal CAT 966	86 a 94	2,0
6		Tractor CAT D8R	93 a 96	1,0
7		Camión NL12 Volvo	94	1,0
8		Retroexcavadora CAT 330	84 a 93	4,0

Tiempo de exposición recomendado (TER) a personal en áreas cercanas al equipo o maquinaria en funcionamiento

En el centro minero la zona que presentó menor nivel de riesgo fue la de perforación que se encontraban dentro de las cabinas (Excavadora y martillo) donde el ruido alcanzó un 70 dB y presentó un TER de 76 hrs de exposición para los operadores indicando un nivel bajo de riesgo. Así mismo las zonas que también presentaron niveles bajos de riesgo fueron la zona 4 (filtros) y la única que presentó un alto nivel de riesgo para los operadores fue la compactación, cercana a los rodillos en el piso de personal, presentando 89,60 dB de ruido y un TER de 2 hrs de exposición (Tabla 3).

Tabla 3. Medición del ruido y TER en diferentes zonas de la mina de la explotación de la caliza.

Nº	ZONA	EQUIPO	Leq (dB)	TER (hrs)	NIVEL DE RIESGO
1	Compactación	Personal de piso (Cerca de rodillo)	89,60	2	Alto
2	Perforación	Dentro de la cabina de la Excavadora y martillo.	70,00	76	Bajo
3	Carguío y transporte	Cuadrador en el batrex	82,00	16	Moderado
4	Carguío y transporte	Dentro de la cabina del Tractor	81,30	16	Moderado
5	Zona Filtros 4	Filtros 1	75,30	64	Bajo
6		Filtro 4	79,50	32	Bajo

3.2. Medidas de mitigación del ruido para implementar en equipos y maquinaria

Se emplearon tres maneras diferentes de reducir el ruido en el receptor:

- Disminuyéndose la fuerza de la fuente con el rediseño: De la cámara de expansión del martillo neumático y encapsulamiento del rock drill El rediseño permitió disminuir el ruido en un 50%. (Tabla 4).
- En el método de modificándose la ruta de propagación se empleó el encerramiento acústico del motor; este método permitió lograr una disminución de hasta el 80% para los operadores dentro de las cabinas (Tabla 4); así mismo se empleó el uso de silenciadores en tubo de escape y admisión, lo cual permitió una reducción del ruido en un 45% (Tabla 4).
- Protegiéndose al receptor, en este método se usó las orejeras para los operadores, permitiendo un 100% de reducción del ruido (Tabla 4).

El método de mayor eficiencia en la minimización del ruido fue el recubrimiento en las máquinas empleadas en el área de carguío y compactación, donde se encontró que el ruido en las máquinas variaron de 26 a 29 dB. Mientras que en el caso de la implementación de cámara de expansión en el escape realizado en el área de perforación para el martillo hidráulico, el ruido disminuyó a 60 dB y en la misma área, para el caso del Rock Drill se empleó el encapsulamiento que permitió una reducción del ruido a 69 dB. Finalmente en la implementación de Encerramiento del motor, y silenciadores de admisión y escape utilizados para las áreas de carguío y compactación de produjo una reducción que varió de 42 a 52 dB (Tabla 5).

Tabla 4. Fuentes importantes de ruido en la industria de la minería y remedios para el control de ruido

N°	Maquinaria / equipo	Principales fuentes de Contribución de Ruido	Remedios para el control de ruido	
			Maquinaria / equipo	Operario
1	Martillo neumático IR	➤ Escape de aire comprimido.	Cámara de expansión en el escape.	
2	Martillo JOY	➤ Ruido del Compresor.	-----	
3	Rock drill IR 354	➤ Sonido de la perforación	Encapsulamiento	
4	Rodillo vibratorio de 12 Tn		➤ Recubrimiento de cabina.	Orejas
5	Cargador Frontal CAT 966	Motor, admisión y escape de aire. (El impacto del ruido puede incrementar los niveles de ruido en 5-10 dB)	➤ Encerramiento del motor.	
6	Tractor CAT D8R		➤ Silenciadores de admisión y escape	
7	Camión NL12 Volvo			
8	Retroexcavadora CAT 330			

Tabla 5. Medición de ruido de los diferentes equipos y maquinas empleadas en la minería de la explotación de la caliza en la mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca

N°	Maquinaria / equipo	Leq (dB)				
		Cámara de expansión en el escape	Encapsulamiento	Recubrimiento de cabina	Encerramiento del motor	Silenciadores de admisión y escape
1	Martillo neumático IR	60	---	---	---	---
2	Martillo JOY	---	---	---	---	---
3	Rock drill IR 354	---	69	---	---	---
4	Rodillo vibratorio de 12 Tn	---	---	32	52	49
5	Cargador Frontal CAT 966	---	---	29	46	43
6	Tractor CAT D8R	---	---	30	50	47
7	Camión NL12 Volvo	---	---	26	42	40
8	Retroexcavadora CAT 330	---	---	30	45	44

IV. DISCUSIÓN

En Perú, a pesar de las leyes existentes respecto a Medio Ambiente aún no se cumplen los dispositivos respecto a la minimización de ruidos en las diferentes actividades que se realizan tanto en la industria como en la minería, siendo la ultima la que produce mayor contaminación.

El aumento sistemático de la actividad de la construcción, en respuesta al crecimiento demográfico, con la consiguiente demanda de servicios públicos, transporte y la pérdida de áreas verdes; genera impactos nocivos en lo que se denomina el ambiente acústico del núcleo urbano, y

por defecto, en la calidad de vida de sus habitantes. La contaminación acústica posee en ella misma una serie de inconvenientes que dificultan su control. Ante todo, la contaminación acústica no deja residuos, y sus efectos no son tan visibles en el medio ambiente. Además, hay un gran número de fuentes que lo generan, resultado de la actividad comunitaria global (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011).

Los expertos coinciden al afirmar que es muy difícil escapar a su nocividad y a los desequilibrios que comporta. En el ámbito urbano, rural, laboral, social, educativo e incluso en el hogar, la contaminación acústica consigue interferir en la vida del ser humano provocándole dificultades de atención y de concentración, sin olvidar su contribución al estrés nervioso y a la alteración del sueño, entre otros efectos auditivos y extra auditivos (García, 1997; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011).

Los ruidos pueden menguarse o eliminarse en la fuente, pues en otros países ya se están aplicando este tipo de dispositivos. Lo importante para nosotros sería que concienticemos a las personas para que las diferentes empresas de las diferentes industrias cumplan con las normas legales nacionales e internacionales.

Los niveles sonoros equivalentes diurnos que superan los 65 dB "A", son considerados inaceptables para zonas pobladas, por diferentes organismos internacionales (García, 1997). La presión sonora que soporta el personal de la minera Coimolache oscila entre 70 y 89,60 dB (A). En particular, la zona de trabajo está expuesta a un nivel promedio de ruido equivalente, que varió entre 84 a 113 dB (A) al compararlo con los niveles de ruido que se obtuvieron en Llorin, África, se encontró que la zona comercial e industrial se presentó 84,4 dB (A) (Oyedepo, 2008) indicando una similitud con un nivel más alto de contaminación acústica alcanzado por equipos y maquinarias. En Lucknow en India, el nivel de ruido equivalente en las zonas poblada oscila entre 67,7 y 78,9 dB (A) lo que difiere de lo encontrado para el área del personal en la mina donde sus límite inferior es de 70 dB (A), ocurriendo lo contrario con su límite superior, mucho más bajo que los 89 dB (A); en la zona comercial e industrial ocurre algo similar, pues los rangos de Lucknow van de 68,2 a 84,2 dB (A) (Kisku, 2006) y los de área de trabajo, de 84 a 113 dB (A).

En realidad, lo más impactante de éstos resultados es la situación generada por los equipos de perforación y Compactación como el martillo neumático IR, rock drill IR 354 y rodillo vibratorio de 12 tn los cuales presentan un rango que varió entre 90 y 113 dB (A), lo que supera el Estándar Nacional de 80 dB (A) (OSINERG, 2005). Así mismo diversas investigaciones han demostrado que la exposición al ruido puede producir efectos secundarios que afectan negativamente al personal y a los pobladores cercanos. OMS (1995) y Gordana *et al* (2004) indican que las personas expuestas al ruido tienen dificultades en el aprendizaje, la lectura y en la capacidad de motivación, debido al incremento de actividad de su sistema simpático, que se traduce en excitación, por el aumento de los niveles de la hormona de estrés, con su consecuente elevación de la presión arterial.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2011) señala que en la norma nacional peruana indica que los niveles de ruido para zonas pobladas deben ser de 75 dB(A) durante el día y en la noche no se debe trabajar; lo cual no coincide con lo encontrado en el área del personal, en donde los niveles de ruido variaron entre 70 y 89,60 dB(A); mientras que en el área de trabajo (en la excavación minera) donde las maquinas funcionan los niveles de ruido variaron entre 84 y 113 dB(A); lo cual no cumple lo establecido por las normas peruanas que indican que en las zonas industriales el ruido no debe ser mayor a 85 dB(A).

Con respecto al tiempo de duración de los niveles de ruido este varió de acuerdo al equipo y/o material y la zona, siendo las zonas más afectadas el martillo neumático IR, rock drill IR 354 y rodillo vibratorio de 12 tn donde no se cumple con el tiempo de exposición al ruido; ya que está por debajo del tiempo normado por las leyes peruanas en el cual se indica que no se debe estar expuesto por más de 12 hrs. A un ruido entre 75 a 85 dB(A) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011); mientras que en la minería la exposición fue mayor a un nivel de ruido entre 90 a 113.

En la determinación del TER, se encontró que la zona de compactación es la que presentó un TER de 2 hrs para un nivel de ruido de 89,60 dB (A) referido al personal que se encontró en los alrededores del equipo, estando debajo lo establecido por la norma peruana, que menciona que el TER para un nivel de ruido de 85 a 90 dB (A) es de un máximo de 4 a 8 hrs. En el caso de la zona

de carguío y transporte se encontraron dentro de lo establecido en el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. 30 de Octubre de 2003; que señala que el TER de niveles de sonido entre 80 y 85 dB (A) debe ser de 16 hrs como máximo; mientras que para las zonas de perforación y filtros 4 se encontró que para los niveles de sonido entre 70 y 80 dB(A) es mayor a 16 hrs; concordando con lo establecido en las normas peruanas, que señalan que los TER para dB (A) entre 70 y 80 es entre 32 a 64 hrs (OSINERG, 2005).

Falch (1997) indica en su guía ambiental que los mejores métodos para la reducción del ruido en equipos y maquinas mineros diseñados para el Perú serían el rediseño (modificaciones en el taladro neumático), encerramiento de motores y empleo de silenciadores, esto concuerda con lo encontrado en la investigación donde se utilizan modificaciones en la cámara de expansión del taladro neumático, encerramiento de los motores de camiones, retroexcavadoras y similares; así como el uso de silenciadores en tubos de escape y admisión.

FACTS (2005) señala que los métodos para reducir el ruido en la fuente en la actividad industrial en Europa son el uso de silenciadores los tubos de escape y modificaciones en las maquinas, concordando con lo encontrado en la investigación para los maquinaria empleada en las áreas de compactación, y carguío y transporte.

El encapsulamiento del rock drill, es método usado desde el 2006, que reduce hasta en 50% el ruido de acuerdo a los expuesto por ATLAS COPCO (2006) concordado con lo encontrado en la investigación donde se determinó que el encapsulamiento del Rock Drill permitió una reducción del ruido de 102 dB a 69 dB.

V. CONCLUSIONES

- ✓ El ruido generado por las maquinas y equipos en el área de explotación y en el área del personal los ruidos son del tipo nocivo.
- ✓ El uso de modificaciones y encapsulamiento permitió reducir el ruido en un 50% en el área de perforación.
- ✓ Con el empleo de encerramiento de motores se logró reducir el ruido hasta en un 80% en las áreas de compactación y, carguío y transporte.
- ✓ El uso del método de silenciadores en tubo de escapes y admisión permitió una reducción del ruido en un 45% en las áreas de compactación y, carguío y transporte.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, R. & W. SALOMONS. 1995. **Heavy metal aspects of mining pollution and its remediation**. Special Issue Journal of Geochemical Exploration, V. 52 (1-2):1-284.
- ATLAS COPCO. 2006. Perforadora SmartRig™ ROC D7C, D9C and F9C. <http://www.atlascopco.com>. [25 de Noviembre del 2011].
- FALCH, E. 1997. **Guía ambiental. Manejo de problemas de ruido en la industria minera**. Ministerio De Energía y Minas, República del Perú & Dirección General de Asuntos Ambientales. Bergen/Lima, Perú. 98 pág.
- FACTS. 2005. **Reducción del ruido. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo**. Printed in Belgium. 28 pp.
- GARCÍA, A. 1997. **Niveles de contaminación sonora en ciudades grandes, medias y pequeñas: Un estudio comparativo**. www.sea-acustica.es/publicaciones/4350sr161.pdf. [10 de julio de 2011].
- GORDANA, R., G. DRAGAN y P. NADA. 2004. **Psychosocial effects of community noise: Cross sectional study of school children in urban center of Skopje, Macedonia**. Croatian Medical Journal of Public Health. 45 (4).
- HRUSCHKA, F. 1998. **Minería artesanal: problema y posibilidad**. <http://www.hruschka.com/felix/article/costbene.html>. [2 de octubre del 2011].

- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 1997. **ISO 9612. Acoustics Guidelines for the measurement of exposure to noise in a working environment.** Ginebra.
- JAMBOR, J. & D. BOWES. 1994. **The Environmental Geochemistry of Sulfide Mine-Wastes.** Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, Vol. 22: 438 pág.
- KISCU, G., K. SHARMA, M. KIDWAI, S. BARMAN, A. KHAN, R. SINGH, D. MISHRA y S. BHARGAVA. 2006. **Profile of noise pollution in Lucknow city and its impact on environment.** J Environ Biol. Sep; 27 (2 Suppl)
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MINEM). 2010. **La minería artesanal y empírica a lo largo del Perú.** <http://www.minem.gob.pe/>. [15 de setiembre del 2011].
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (VIVIENDA). 2011. **Establecen límites máximos permisibles para ruidos.** 27 pág.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1995. **Guidelines for Community Noise.** Suecia: Universidad de Estocolmo. 45-53 pp.
- OSINERG. 2005. **Aprueban el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.** Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. 30 de Octubre de 2003. 15 pág.
- OYEDEPO, O. y A. SAADU. 2008. **A comparative study of noise pollution levels in some selected areas in Iorin Metropolis,** Nigeria. Environ Monit Assess.
- ROJAS, C. 2008. **Evaluación del Impacto Ambiental.** Santiago de Chile - Chile.