

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTERVENCIÓN DE RUIDO PARA EL MOLINO
DE GRANOS DE LA EMPRESA CIPA S.A.**

LEONELA LEMOS QUIROGA

**POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERÍA EN HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL
MEDELLÍN
2012**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTERVENCIÓN DE RUIDO PARA EL MOLINO
DE GRANOS DE LA EMPRESA CIPA S.A.**

LEONELA LEMOS QUIROGA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniera en Higiene y Seguridad Ocupacional**

**Asesor
William Giraldo Aristizabal
Docente**

**POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERÍA EN HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL
MEDELLÍN
2012**

Nota de aceptación:

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Julio 6 de 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme sabiduría, serenidad y entendimiento. Por guiarme en el camino que trazo para mí y continuar creciendo profesional, intelectual y espiritualmente.

A mis padres por ser el apoyo más grande en mi educación y en el logro de mis metas y sueños. Por ser un ejemplo, por motivarme a seguir aprendiendo sin importar las circunstancias. También a mis hermanos por su compañía y constante apoyo.

A mis profesores que fueron mis guías de aprendizaje, quienes compartieron conmigo sus conocimientos. Gracias por su tiempo, dedicación y paciencia.

Gracias a CIPA por darme la oportunidad de desarrollar mi práctica profesional y su colaboración con la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN	18
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO DE REFERENCIA	20
2.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	20
2.1.1 Actividad económica	20
2.1.2 Clase de riesgo	20
3. MARCO TEORICO	21
3.1 FÍSICA DEL SONIDO	21
3.1.1 Ondas	21
3.1.1.1 Ondas mecánicas	22
3.1.1.2 Ondas longitudinales	22
3.1.1.3 Ondas transversales	22
3.1.1.4 Ondas periódicas	22

3.1.1.5	Ondas esféricas o tridimensionales	22
3.1.1.6	Ondas planas	22
3.1.1.7	Ondas cilíndricas	22
3.1.2	Características de las ondas	22
3.1.3	Variación de los recorridos de las ondas	23
3.1.4	Velocidad del sonido	24
3.2	CANTIDADES ACÚSTICAS	24
3.2.1	Potencia sonora	24
3.2.2	Intensidad sonora	24
3.2.3	Presión sonora	24
3.3	NIVELES DE SONIDO	24
3.3.1	Nivel de potencia sonora	25
3.3.2	Nivel de intensidad sonora	25
3.3.3	Nivel de presión sonora	25
3.4	ANATOMÍA DEL OÍDO	25
3.4.1	El oído	25
3.5	FISIOLOGÍA DEL OÍDO	27
3.6	EFFECTOS DEL RUIDO EN EL TRABAJO	29
3.7	EVALUACIÓN DEL SONIDO	31
3.7.1	Instrumentos para la medida del ruido	31
4.	MARCO CONCEPTUAL	33

4.1 CONTROL DEL RUIDO	33
4.1.1 Encerramiento total	33
4.1.1.1 Paredes del encierro	33
4.1.1.2 Recubrimientos	33
4.1.1.3 Sellos	34
4.1.1.4 Soportes Elásticos	34
4.1.1.5 Acceso fácil para mantenimiento o flujo de producción	34
4.1.2 Silenciadores acústicos	34
4.1.2.1 Silenciadores reactivos	34
4.1.2.2 Silenciadores disipativos o absortivos	35
4.1.3 Elementos de protección auditiva	36
4.1.3.1 Tapones de inserción	36
4.1.3.2 Protector auditivo moldeable	37
4.1.3.3 Protector auditivo tipo copa	38
4.1.3.4 Características de los protectores auditivos	38
5. MARCO LEGAL	40
5.1 RESOLUCIÓN 1792 DE 1990	40
5.2 RESOLUCIÓN 1016 DE 1989	40
5.4 RESOLUCIÓN 8321 DE 1983	40
5.4 RESOLUCIÓN 2400 DE 1979	40
6. MARCO METODOLOGICO	42

6.1 CARACTERISTICAS DEL MOLINO DE GRANOS	42
6.2 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA	43
6.2.1 Equipo utilizado para la evaluación de ruido	43
6.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERVENCIÓN	43
6.3.1 Cálculos del encerramiento	44
6.3.2 Cálculos del silenciador Splitter	53
6.3.3 Aislamiento del ruido en la tolva	55
6.4 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL MOLINO DE GRANOS	56
6.4.1 Sistema de amortiguación	56
6.4.2 Motor	56
6.4.3 Carcasas	56
6.5 RECOMENDACIONES PROTECCION AUDITIVA	57
6.5.1 Protección auditiva utilizada en CIPA S.A.	57
6.5.2 Protección auditiva propuesta	59
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Trabajadores CIPA S.A. Sede Bello	20
Tabla 2. Valores Límite Permisible	41
Tabla 3. Especificaciones del molino de granos	42
Tabla 4. Resultados de la evaluación de ruido ocupacional	44
Tabla 5. Absorción del encerramiento para la frecuencia de 125 Hz	46
Tabla 6. Absorción del encerramiento para las frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz	51
Tabla 7. Cálculo del encerramiento para las frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz	52
Tabla 8. Cálculo del silenciador para las frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz	55
Tabla 9. Nivel de atenuación del protector auditivo	57
Tabla 10. Reducción de ruido necesario	58
Tabla 11. Atenuación del protector auditivo tipo copa u orejera ARSEG	60
Tabla 12. Atenuación del protector orejera ARSEG mas EAR E-Z FIT (EARPLUGS)	60
Tabla 13. Atenuación del protector en silicona (INSTA MOLD)	60
Tabla 14. Atenuación del protector TAPERFIT 2 (EAR PUGS)	61
Tabla 15. Atenuación del protector Orejera ARSEG + 1100 3M	61

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Onda sinusoidal armónica	21
Figura 2. El oído	26
Figura 3. Partes del oído	27
Figura 4. Funcionamiento del oído	28
Figura 5. Silenciador reactivo	35
Figura 6. Silenciador absorbivo	35
Figura 7. Tapones de inserción	37
Figura 8. Protector auditivo moldeable en silicona	37
Figura 9. Protector auditivo tipo copa	38
Figura 10. Sonómetro Sound pro	43
Figura 11. QC- 10 Calibrador	43
Figura 12. Curvas de valoración de ruido NR	47
Figura 13. Atenuación ofrecida por el protector auditivo en silicona EGGER	59
Figura 14. Reducción de ruido ofrecida por la protección auditiva recomendada	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Certificado de calibración del sonómetro	67
Anexo 2. Ficha técnica de la lana mineral – Panel Black	68
Anexo 3. Ficha técnica del caucho natural	70

GLOSARIO

ACÚSTICA: rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia (tanto sólida como líquida o gaseosa).

ATENUACIÓN ACÚSTICA: reducción en la intensidad o en el nivel de presión acústica que se transmite de un punto a otro.

AUDICIÓN: sentido por medio del cual se percibe el sonido.

CALIBRADOR: instrumento que genera un tono puro por lo general a 1 khz y 94 dB(A) o 114 dB(A); que se emplea para verificar y ajustar sonómetros u otros instrumentos de medida acústica.

CAMPO LIBRE Y ABIERTO: es aquel donde las ondas sonoras viajan libremente sin chocar contra ningún obstáculo.

CAMPO REVERBERANTE: es aquel donde las ondas sonoras chocan contra las diferentes superficies que limitan un local. Campo acústico cerrado.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN: se define como la relación entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden sobre él por unidad de superficie. Dada esta formulación su valor siempre está comprendido entre 0 y 1.

CONTROL DE RUIDO: es la adecuación de los niveles de ruido a niveles aceptables.

CURVAS NOISE RATING (NR): estas curvas establecen límites aceptables de confortabilidad en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables.

dB (A): Abreviatura de decibel A. Nivel de presión sonora en decibelios medidos con escala de ponderación A, unidad del nivel sonoro en la cual se expresan habitualmente los resultados de las mediciones de ruido con fines legales o para determinación de riesgo auditivo.

dB (Lin): Abreviatura de decibel lineal. Representa el nivel de presión sonora del ruido medido en el sonómetro. Unidad de nivel sonoro utilizada para algunas mediciones de ruido impulsivo o en aquellos casos en que se requiere una aproximación del nivel de presión sonora.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento.

MATERIAL ABSORBENTE: son todos aquellos materiales que disponen de elevados coeficientes de absorción sonora en todo o en parte del espectro de frecuencias audibles.

MICRÓFONO: dispositivo transductor que transforma señal sonora en señal eléctrica.

MOLINO DE MARTILLO: máquina utilizada en la industria para reducir la partícula a un tamaño determinado. Su funcionamiento se basa en el mecanismo de compresión del material entre dos cuerpos.

NIVEL DE PRESIÓN SONORA (SPL): Es una forma de medir el nivel de ruido. Es igual a 20 veces el logaritmo en base 10 de la relación de ese sonido con una presión de referencia.

NIVEL DE RUIDO: nivel sonoro correspondiente al ruido en un instante determinado llamado también SPL.

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN: se definen como el número de decibelios por los que un sonido incidente reduce su transmisión al atravesar un medio, dichas pérdidas están íntimamente relacionadas con la masa del material que atraviesa la onda y con la frecuencia de ruido.

PISTÓFONO: aparato utilizado para la calibración de instrumentos de medida acústica que produce una presión sonora dentro de una cavidad cerrada mediante el desplazamiento de un pistón.

REDUCCIÓN DE RUIDO: diferencia en decibelios entre la medida de los niveles de presión acústica que se producen en dos ambientes cerrados, debidos tanto al aislamiento como a la absorción del mismo por los ambientes; se expresa en dB.

RUIDO: el ruido es cualquier sonido no deseado, el cual puede interferir en la comunicación hablada, en el trabajo y en las actividades rutinarias; en ciertos casos, puede afectar a la conducta; puede producir una pérdida temporal del oído y, si el nivel de ruido es suficientemente alto, puede ser responsable de un daño permanente en el mecanismo auditivo.

RUIDO CONTÍNUO: es aquel cuyo nivel de presión sonora es relativamente uniforme, con muy pocos cambios con respecto al tiempo.

SABINO: unidad de absorción acústica de una superficie, equivalente a 0,09 m² (1 in²).

SONÓMETRO: instrumento provisto de un micrófono amplificador, detector de RMS, integrador-indicador de lectura y curvas de ponderación, que se utiliza para medición de niveles de presión sonora.

TIEMPO DE EXPOSICION: es el tiempo real o promedio, durante el cual el trabajador está en contacto con el factor de riesgo en su jornada laboral.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es realizar el diseño de un sistema de intervención integral para ruido del molino de granos del área de producción de la empresa CIPA S.A.

Inicialmente se realizaron mediciones de los niveles de presión sonora en la fuente y en las áreas cercanas, con el fin de evaluar la incidencia del ruido en las mismas e identificar el comportamiento del ruido. Con los resultados obtenidos en las mediciones se propone diseñar el sistema de intervención de ruido que comprende de un encerramiento de la fuente con acero, recubierto en su interior con placas absorbentes de lana mineral (panel black); además se diseña un silenciador Splitter, teniendo en cuenta que al momento de su implementación se instalan dos de estos con el fin de garantizar el flujo de aire dentro del encerramiento. Posteriormente se emiten algunas recomendaciones generales para el mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina y un aislamiento del ruido generado por la caída de la materia prima a la tolva de recolección, recubriendo el interior de la misma con caucho natural. Además se hacen recomendaciones sobre la protección auditiva apropiada que atenúe los niveles de ruido presentes en el ambiente de trabajo, con el fin de optimizar significativamente las condiciones de higiene ocupacional lo cual que conllevaría al mejoramiento de la eficiencia del trabajador y por consiguiente de la productividad de la empresa.

Con la implementación del sistema de intervención, se espera disminuir el nivel total de presión sonora de la fuente a 64.7 dB (A). Nivel que resultaría representativo para el inicio del mejoramiento de las condiciones de trabajo del área de producción.

Palabras claves: Ruido, mediciones, fuente, silenciador, aislamiento, mantenimiento, protección auditiva, higiene ocupacional.

ABSTRACT

The aim of this work is to realize the design of a system of integral intervention for noise of the mill of grains of the area of production of the company CIPA S. A.

Initially to realize measurements of the levels of pressure in the sources and in the nearby areas, in order to evaluate the incident of the noise in the same ones and to identify the behavior of the noise. With the results obtained in the measurements it proposes to design the system of intervention of noise that he understands of an encirclement of the source with steel covered in his interior with absorbent plates of mineral wool (panel black); besides there is designed a muffler Splitter, bearing in mind that to the moment of his implementation install to themselves two of these in order to guarantee the air flow inside the encirclement. Then some general recommendations are issued for the preventive and corrective maintenance of the machine and an isolation of the noise generated by the fall of the raw material to the chute of compilation, covering the interior of the same one with natural rubber. Also recommendations are done on the auditory appropriate protection that attenuates the present levels of noise in the environment of work, in order optimizes significantly the conditions of occupational hygiene which that he would carry to the improvement of the efficiency of the worker and for therefore of the productivity of the company.

With the implementation of the system of intervention, one expects to diminish the total level of sonorous pressure of the source to 64.7 dB (A). Level that would turn out to be representative for the beginning of the improvement of the conditions of work of the area of production.

Key words: Noise, measurements, source, muffler, isolation, maintenance, auditory protection, occupational hygiene.

INTRODUCCION

CIPA S.A., es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos balanceados para animales. Debido a su actividad económica la empresa debe realizar continuamente el proceso de molienda de materias primas como maíz y soya, la cual se realiza en el molino para granos. Este proceso genera altos niveles de ruido en el área de producción los cuales se consideran factor de riesgo físico importante para la empresa ya que el personal expuesto comunica sentir molestias y discomfort en su turno de trabajo siendo un total de 10 personas expuestas en cada turno con una duración de 8 horas, teniendo en cuenta que existe personal de la planta que labora hasta doce horas diarias.

Por otro lado en la oficina de producción se encuentran los puestos de trabajo del Analista de inventario, dosificador, jefe de producción y auxiliar industrial; estas se encuentran ubicadas al frente del molino en la cual se percibe un nivel de presión sonora más bajo de 71 dB(A), pero se evidencia que estos niveles generan molestias y no son adecuados para la actividad que realizan.

Actualmente el control implementado para la exposición a este riesgo son protectores auditivos moldeables, que por manifestaciones de los operarios y análisis realizados se logra evidenciar la no efectividad de los mismos para disminuir la intensidad de la exposición.

Para la realización de este proyecto de investigación se toma como enfoque principal el mejoramiento de las condiciones del ambiente de trabajo de la zona de molino de granos y zonas aledañas, donde se evidencia la presencia de ruido, de ahí la necesidad de implementar un control adecuado y eficiente que disminuya los intensidad del ruido a unos niveles tolerables.

De acuerdo a lo anterior se plantea un sistema de intervención que comprende de un encerramiento de la fuente con dos silenciadores Splitter para garantizar el flujo de aire dentro del encerramiento, se darán recomendaciones para el mantenimiento del molino y aislamiento del ruido generado por la caída de la materia prima a la tolva de recolección. Así mismo se harán recomendaciones sobre la protección auditiva adecuada que atenúe los niveles de ruido y por ende mejore significativamente las condiciones de confort del personal expuesto.

JUSTIFICACION

La pérdida auditiva inducida por ruido es una enfermedad irreversible y a su vez prevenible, mas no es el único efecto generado por la exposición continua a altos niveles de presión sonora, ya que existen otros factores que se ven afectados como los económicos y sociales. Así mismo no se puede obviar la influencia que este factor tiene en la presencia de accidentes de trabajo al actuar como detonante de ellos.

Entre las principales fuentes de ruido identificadas en el área de producción se encuentra un molino de martillo, llamado en el proceso molino para granos ya que en este se procesa los macroingredientes maíz y soya. Los niveles de ruido generados por la operación del mismo en el área de producción se han convertido en un aspecto de interés y preocupación para la compañía. Actualmente esta máquina no cuenta con un método para el control de los niveles de ruido que genera.

Las consecuencias de esta problemática se ven reflejadas en el personal expuesto que comunica experimentar molestias, estrés y discomfort durante su jornada laboral. Además de esto los resultados de las más recientes audiometrías muestran un leve aumento en un 21 % la alteración auditiva de la población expuesta. Por estas razones resulta importante para la compañía la implementación de métodos eficaces de control de ruido a fin de minimizar la intensidad de dicho factor de riesgo y por ende mejorar las condiciones del ambiente de trabajo de sus empleados; además se espera generar control a las afectaciones psicológicas y sociales participantes también en el desarrollo de la calidad de vida en el ambiente laboral y extralaboral.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de intervención de ruido para el molino de granos del área de producción de la Empresa Cipa S.A.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características del ruido a partir de mediciones realizadas y comparar resultados obtenidos con los valores límite permisible.
- Proponer una alternativa de intervención con el propósito de implementar el sistema de control de ruido apropiado al molino de granos.
- Establecer el sistema de control adecuado con el fin de implementar un método de intervención eficaz que reduzca los niveles de presión sonora a un nivel permisible.
- Recomendar elementos de protección auditiva, acorde a los niveles de ruido presentes en el ambiente laboral.
- Emitir recomendaciones para el mantenimiento correctivo y preventivo a fin de optimizar la eficiencia del sistema de intervención de ruido.

2. MARCO DE REFERENCIA

Se muestra a continuación la información básica relacionada con CIPA S.A. Además se presenta la distribución del personal tanto en planta de producción como en administración. Ver tabla 1.

2.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Razón Social: Compañía Industrial de productos Agropecuarios

NIT: 890.907.163-5

Sede Principal: Bello, Antioquia

Dirección: Cra 49 A 23-45

2.1.1 Actividad económica

Empresas dedicadas a la elaboración de alimentos preparados para animales, incluye la fabricación de alimentos para animales.

Código: 3154301

2.1.2 Clase de riesgo

Clase 3

Grado: Medio

Tabla 1. Trabajadores CIPA S.A, Sede Bello

PRODUCCION	ADMINISTRATIVOS	TEMPORALES	CONTARTISTAS
46	70	12	24
TOTAL	152		

3. MARCO TEORICO

3.1 FÍSICA DEL SONIDO

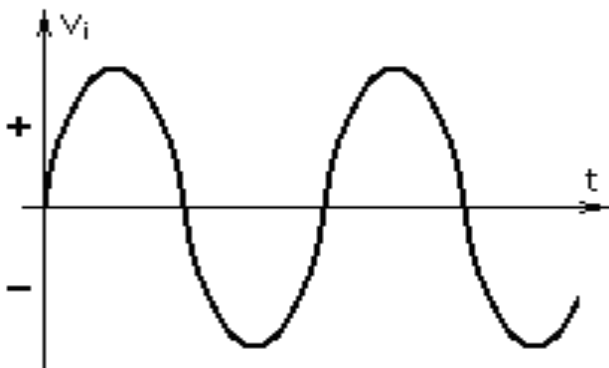
El sonido es una alteración física en un medio (gas, líquido o sólido) que puede ser detectada por el oído humano. El medio por el cual viajan las ondas sonoras ha de poseer masa y elasticidad. Por lo tanto las ondas sonoras no viajarán a través de un vacío.

Para la salud ocupacional el medio más importante de propagación es el aire, el cual posee unas propiedades específicas de masa y elasticidad.

El sonido también puede definirse como la sensación auditiva excitada por una perturbación física en un medio.

3.1.1 Ondas. Una onda consiste en la propagación de una perturbación o impulso simple través de un medio, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua. Una serie de impulsos regulares producen una onda de movimiento oscilatorio periódico. Si una onda es de movimiento armónico simple se representa como se muestra a continuación en la figura 1.

Figura 1. Onda sinusoidal armónica.



* Onda Senoidal, Recuperado de: <<http://besay-electricidad.blogspot.com/2009/10/onda-senoidal.html>>, 2009

Existen varios tipos de ondas:

3.1.1.1 Ondas mecánicas. Las ondas mecánicas necesitan un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse. Las partículas del medio oscilan alrededor de un punto fijo, por lo que no existe transporte neto de materia a través del medio. Dentro de las ondas mecánicas tenemos las ondas elásticas, las ondas sonoras y las ondas de gravedad.

3.1.1.2 Ondas longitudinales. Las partículas oscilan en la misma dirección en que se propaga la onda.

3.1.1.3 Ondas transversales. Las partículas se mueven perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda.

3.1.1.4 Ondas periódicas. La perturbación local que las origina se produce en ciclos repetitivos por ejemplo una onda sinusoidal.

3.1.1.5. Ondas esféricas o tridimensionales. Perturbación de una fuente puntual que se propaga en tres dimensiones (a distancias muy grandes de la fuente puntual las ondas esféricas se vuelven planas).El sonido es una onda tridimensional.

3.1.1.6 Ondas planas. Perturbaciones que se propagan en una sola dirección, como planos paralelos.

3.1.1.7 Ondas cilíndricas. Perturbaciones que se propagan en forma de cilindros paralelos.

3.1.2 Características de las ondas sonoras. Al viajar la onda sonora, reflejada en variaciones de presión que se desplaza a través del medio en el que se propaga, va produciendo movimientos oscilatorios en las partículas o moléculas del medio, las cuales se asemejan al movimiento producido por el oleaje de una boya flotante.

Tales variaciones de presión pueden ser caracterizadas por los elementos que se enuncian a continuación:

Frecuencia: La frecuencia de un fenómeno periódico es la cantidad de veces que ese fenómeno se repite a si mismo en una unidad de tiempo. Se expresa en:

Ciclos por segundo (Hertz = Hz)

El rango audible se encuentra entre 20 Hz a 20000 Hz.

Rango de conversación 300 Hz a 3000 Hz.

Amplitud: Es la cantidad de presión del sonido o intensidad del sonido, que se mide en Pascales, N/m² o en decibeles.

El rango audible se encuentra entre 20 µPa y 200 Pa (0 a 120 dB).

Longitud de onda: Distancia entre dos picos sucesivos de una onda o la distancia que tiene un ciclo de onda, en metros, pies, pulgadas.

Periodo (T): Tiempo para que se produzca un ciclo completo de la onda en segundos.

3.1.3 Variación de los recorridos de las ondas. Las ondas en sus recorridos pueden sufrir variaciones ocasionadas por las superficies con las cuales interactúan. Estas son:

Reflexión: Es la alteración de una onda que avanza en forma frontal a través del aire, debido a la presencia de una barrera o superficie que se interpone en su camino.

Refracción: Cuando una onda que avanza en un medio choca contra la superficie de un segundo medio, cambiando la dirección. Este cambio de dirección ocurre cuando la velocidad de la onda difiere de los dos medios.

Difracción: Variaciones en el recorrido de la onda que ocurren lejos del punto de propagación cuando esta pasa a través de un obstáculo que presenta discontinuidad.

Absorción: Parte de la energía de una onda que al chocar con un obstáculo es absorbida por este, es decir tiene la capacidad de convertir energía sonora en calorífica.

3.1.4 Velocidad del sonido. El sonido se desplaza a través de medios líquidos, sólidos y gaseosos, y la velocidad depende de la densidad y elasticidad del medio en que se propaga. Se expresa en m/s.

El sonido viaja más rápido en los sólidos que en el aire. Por ejemplo la velocidad del sonido en ladrillo es aproximadamente 11 veces mayor que en el aire.

3.2 CANTIDADES ACUSTICAS

3.2.1 Potencia sonora (W). Es la cantidad de energía sonora irradiada por una fuente en una unidad de tiempo. La potencia es dependiente únicamente de la fuente y es independiente del ambiente en el cual se encuentra localizada la fuente.

3.2.2 Intensidad sonora (I). Es la potencia del sonido por unidad de área o la energía del sonido por unidad de tiempo, por unidad de área.

3.2.3 Presión sonora (P). Son las oscilaciones de presión por encima y por debajo de la presión atmosférica. Para ruido relativamente estable, P se refiere al valor de la raíz media cuadrática (RMS) de las oscilaciones. Para ruido de impulso, P se refiere a la presión pico alcanzada durante el impulso.

3.3 NIVELES DE SONIDO

Son cantidades acústicas expresadas normalmente en términos de decibeles, mediante el uso de una escala logarítmica.

El decibel se define como: Decibel (dB): $10 \log_{10} (\text{cantidad/cantidad de referencia})$

3.3.1. Nivel de Potencia sonora (Lw). Se define como 10 veces el logaritmo de base 10 de la relación entre una potencia sonora determinada y la potencia sonora de referencia de un picrovatio.

3.3.2 Nivel de Intensidad sonora (Li). Es 10 veces el logaritmo común de una intensidad sonora determinada con respecto a la intensidad sonora de referencia de 1 picovatio por metro cuadrado.

3.3.3 Nivel de Presión sonora (Lp). En el aire, es 20 veces el logaritmo de base 10 de una presión sonora determinada con respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

3.4 ANATOMÍA DEL OÍDO

3.4.1 El oído. Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulen las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, medio e interno. Cada parte tiene funciones específicas dentro de la secuencia de procesamiento del sonido.

Las dos primeras secciones -oído externo y medio- son las encargadas de recoger las ondas sonoras para conducir las al oído interno y excitar una vez aquí a los receptores de origen del nervio auditivo.

Figura 2. El Oído.



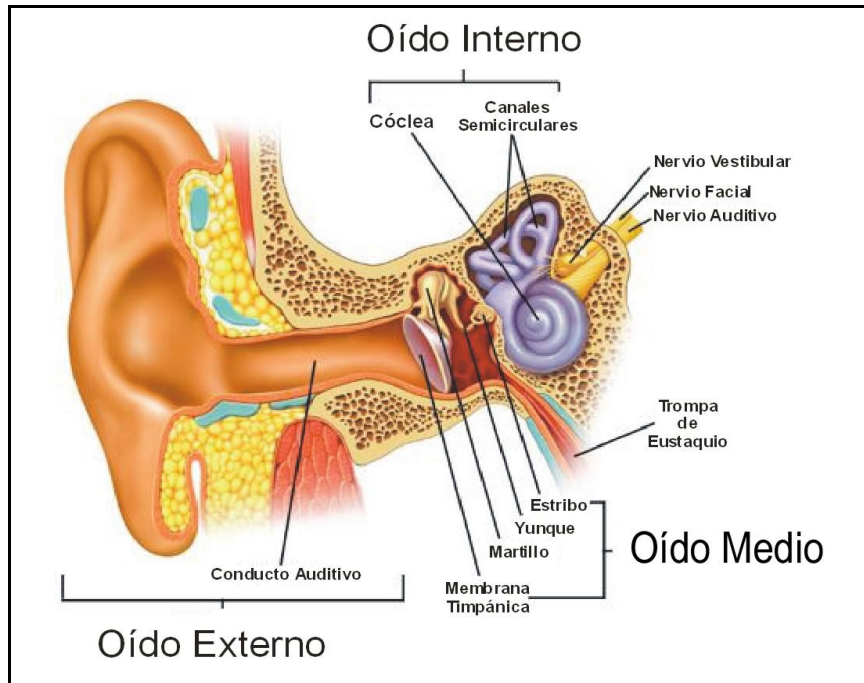
* Anatomía del oído, recuperado de: < http://www.pediatraldia.cl/anat_fun_oido.htm >, 2007

El oído externo comprende dos partes: el pabellón y el conducto auditivo externo. Por su parte, el oído medio está formado por un conjunto de cavidades llenas de aire, en las que se considera tres importantes porciones: la caja del tímpano conformada por tres huesecillos -martillo, yunque, estribo- , la trompa de eustaquio íntimamente relacionada con las vías aéreas superiores (rinofaringe).

El oído interno también tiene su complejidad y está comprendido por el laberinto óseo y membranoso. De este último nacen las vías nerviosas acústicas y vestibulares. Las cavidades del laberinto están llenas de líquido endóctico (endolinfa y perilinfa), que al movilizar las distintas membranas estimulan las células ciliadas internas y externas.

El laberinto, cuya función principal es la de mantener la orientación espacial y el equilibrio estático y dinámico del individuo, consta de tres partes: el vestíbulo, los conductos semicirculares y el caracol.

Figura 3. Partes del oído.



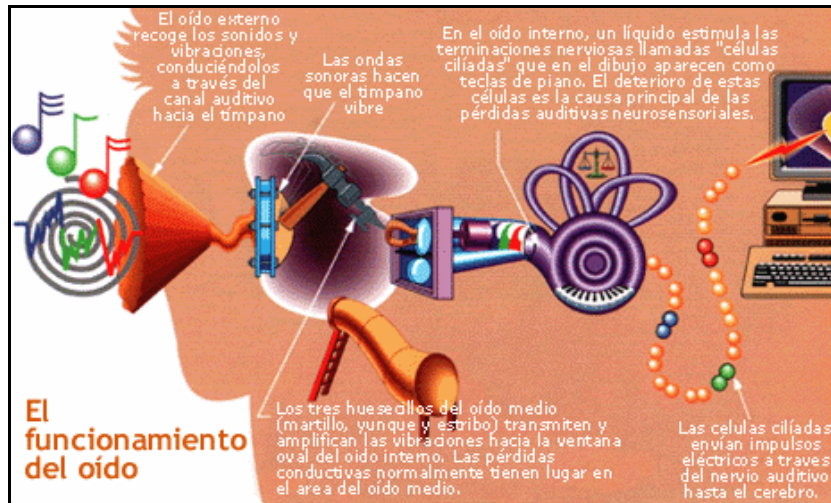
*Tinnipad, recuperado de: < <http://tinnipad.com/es/i-rumori-nellorecchio/> >, 2010

3.5 FISIOLÓGÍA DEL OÍDO

La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso extraordinariamente complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras.
- Conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.
- Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

Figura 4. Funcionamiento del oído.



* Anatomía del oído, recuperado de: < http://www.pediatraldia.cl/anat_fun_oido.htm >, 2007

La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro.

Así pues, se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: la región periférica, en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el momento de su conversión en señales electroquímicas, (incluye el oído externo, medio), y la región central, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones (oído interno, nervio auditivo y cerebro).

En la región central también intervienen procesos cognitivos, mediante los cuales se asigna un contexto y un significado a los sonidos; es decir, permiten reconocer una palabra o determinar que un sonido dado corresponde a un violín o a un piano.

3.6 EFECTOS DEL RUIDO EN EL TRABAJO

La exposición al ruido en el trabajo puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores. El efecto más conocido del ruido en el trabajo es la pérdida de audición; Sin embargo, también puede aumentar el estrés y multiplicar el riesgo de sufrir un accidente.

Disminución de la capacidad auditiva: La disminución de la capacidad auditiva puede deberse a un bloqueo mecánico de la transmisión del sonido al oído interno (pérdida de audición conductiva) o a lesiones de las células ciliadas de la cóclea, que forma parte del oído interno (pérdida de audición sensoneurálgica). En raras ocasiones, el deterioro auditivo también puede ser provocado por trastornos de procesamiento auditivo central (cuando los centros auditivos del cerebro se ven afectados).

Pérdida de audición provocada por el ruido: La pérdida auditiva como consecuencia del ruido es la enfermedad profesional más común y representa aproximadamente una tercera parte de las enfermedades de origen laboral, por delante de los problemas de la piel y del sistema respiratorio.

Por lo general, la pérdida auditiva como consecuencia del trabajo es provocada por una exposición prolongada a ruidos intensos. Su primer síntoma suele ser la incapacidad para escuchar los sonidos de tono alto. A menos que se resuelva el problema que plantea el exceso de ruido, la capacidad auditiva de la persona continuará deteriorándose, hasta llegar a tener problemas para detectar los sonidos de tono más bajo. Normalmente, este fenómeno se produce en ambos oídos.

Acúfenos: Los acúfenos son sensaciones de timbre, zumbido o explosión que se sienten en los oídos. Una exposición excesiva al ruido aumenta el riesgo de sufrir acúfenos. Si el ruido es de impulso (por ejemplo, una detonación), el riesgo puede aumentar de modo considerable. El acúfenos puede ser el primer indicio de que el ruido está dañando el oído.

Aumento del riesgo de accidentes: Estudios anteriores han demostrado que existe un vínculo entre el ruido y los accidentes.

El ruido puede provocar accidentes de las siguientes formas:

- Dificultando a los trabajadores escuchar y comprender correctamente las voces y las señales.
- Ocultando el sonido de un peligro que se aproxima o de las señales de advertencia (por ejemplo, las señales de marcha atrás de los vehículos).
- Contribuyendo al estrés laboral que aumenta la carga cognitiva e incrementa la probabilidad de cometer errores.

Alteración de la comunicación oral: En el trabajo es indispensable una comunicación eficaz, ya sea en una fábrica, una obra de construcción, un centro de llamadas o una escuela. Una buena comunicación oral requiere un nivel de voz a la altura del oído de la persona que escucha al menos 10 dB superior al nivel del ruido ambiente.

El estrés: El entorno físico de trabajo puede ser una fuente de estrés para los trabajadores. El ruido en el lugar de trabajo, incluso si no alcanza un nivel que exija medidas para evitar la pérdida de audición, puede ser un factor de estrés (por ejemplo, un teléfono que suena con frecuencia o el zumbido constante de un equipo de aire acondicionado), aunque sus efectos se deben generalmente a la combinación con otros factores.

- El grado en que el ruido afecta el nivel de estrés de los trabajadores depende de una compleja combinación de factores, entre los que destacan:
- La naturaleza del ruido, como su volumen, tono y previsibilidad.
- La complejidad de la tarea que realiza el trabajador.
- Los niveles de ruido que en determinadas circunstancias pueden contribuir al estrés, sobre todo si la persona está cansada, en otras ocasiones pueden resultar inocuos.

3.7 EVALUACION DEL SONIDO

La evaluación del sonido permite el análisis preciso de los sonidos molestos y además un medio objetivo para comparar éstos sonidos bajo diferentes condiciones. También la medida y análisis de los sonidos sirven como herramienta de diagnóstico en los programas de reducción de ruido a nivel industrial y de diseño de los sistemas de control

3.7.1 Instrumentos para la medida del ruido. Existen una gran variedad de instrumentos para medir el ruido, con diferentes finalidades como: Para medir el nivel de presión sonora, para realizar análisis del espectro de frecuencias, para ejecutar dosimetrías, para medir ruido de impulso, registradores para medir ruidos continuos y los calibradores para los instrumentos mencionados.

Equipos más usados en Higiene Industrial:

- **Sonómetro:** Instrumento utilizado para medir el nivel de presión sonora en un momento determinado, se encuentra constituido internamente por un micrófono, un amplificador de señal, un filtro o escalas de ponderación, un rectificador de la media cuadrática y un selector de velocidad de respuesta.

El sonómetro presenta los niveles de presión sonora en términos de la raíz media cuadrática (RMS) de las variaciones de presión, que ocurre en un lapso de tiempo determinado. Este valor es importante para la conservación de la audición, ya que se encuentra relacionado con la potencia acústica y con la forma de respuesta del oído humano.

- **Analizador de Frecuencias:** Consiste en una serie de filtros de paso de bandas o espectros de rangos de frecuencia, con ancho en octavas o tercias de octava que permite definir las características de los diferentes tipos de ruido. Estos instrumentos en unión con un sonómetro permiten conocer la distribución de la intensidad sonora en los rangos del espectro que pueda interesar.

- **Dosímetro:** Estos equipos son utilizados para evaluar una exposición a ruido, cuando este se presenta con distintos niveles a través del tiempo (jornada de trabajo). La evaluación que se realiza mediante la utilización de dosímetros es porcentual con respecto a la dosis máxima permitida del 100%.

- **Calibradores:** La calibración de los equipos de medida es fundamental realizarla cada vez que se va a hacer uso de ellos.

Los calibradores usados para la evaluación de ruido, consisten en aparatos que emiten señales puras conocidas, dadas en función del nivel de presión sonora total o intensidad a diferentes frecuencias.

Conocida la respuesta de los instrumentos a estas señales, se pueden realizar las correcciones oportunas que se requieran.

4. MARCO CONCEPTUAL

Se definen a continuación algunos métodos de control de ruido a tener en cuenta para el diseño del sistema de intervención de ruido de la empresa CIPA S.A.

4.1 CONTROL DE RUIDO

Como se estipula en la resolución 8321 de 1983 en su artículo 48, se deberán adoptar medidas de control en todos aquellos casos en que la exposición de ruido exceda los niveles permisibles. El control de ruido se debe efectuar en el siguiente orden: Fuente – Medio – Receptor, aunque en muchos ambientes ruidosos no resulta práctico, económico o factible reducir los niveles de ruido hasta un nivel tolerable implementando métodos de control, se deben adoptar otras medidas de control como mantenimiento de la fuente de ruido, sistemas de vigilancia epidemiológica, protección auditiva etc.

4.1.1 Encerramiento total. Es el sistema más efectivo para realizar un control de ruido, el cual consiste en un encapsulamiento total de la fuente.

Para diseñar encierros efectivos, debe haber claridad en los términos de la reducción de ruido (NR) y en la pérdida por transmisión (TL). La reducción de ruido depende de las condiciones acústicas de los ambientes dentro y fuera del encerramiento. Por otra parte, la pérdida de transmisión para una pared es una característica propia de la misma.

En el diseño de encerramientos se deben considerar los siguientes aspectos:

4.1.1.1 Paredes del encierro. La reducción del ruido alcanzada mediante un encierro está determinada en gran parte por las características de sus paredes. Cualquier agujero o rendija disminuye notoriamente el coeficiente TL global y consecuentemente el NR.

4.1.1.2 Recubrimientos. Las láminas de los encierros se pueden cubrir interiormente con materiales absorbentes con el fin de disipar gran parte de la potencia acústica y reducir los niveles de presión sonora dentro del mismo

encierro. La selección de los recubrimientos está determinada por el espectro de frecuencia de la fuente.

4.1.1.3 Sellos. Cuando se requiere una reducción de ruido superior a los 10 dB, cualquier rendija es muy perjudicial, requiriéndose el uso de sellos de caucho y otros materiales igualmente flexibles en las uniones.

4.1.1.4 Soportes Elásticos. El encerramiento debe quedar completamente aislado de las vibraciones generadas por los equipos encerrados.

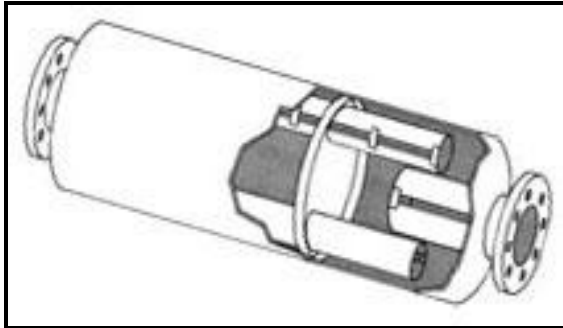
4.1.1.5 Acceso fácil para mantenimiento o flujo de producción. En la mayoría de los casos se debe proveer el acceso al equipo para las inspecciones de rutina, reparaciones y mantenimiento. En otras ocasiones el equipo por encerrar hace parte de un tren de producción requiriéndose entonces aberturas para la entrada y salida del producto en elaboración.

4.1.2 Silenciadores acústicos. Los silenciadores acústicos son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas, cuya misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido del aire que pasa a través de ellos.

Para disminuir los ruidos en los ductos es necesario instalar equipos acústicos insertados en ellos, para lo cual se emplean dos principios generales: absorción y reflexión. El primero conduce a los silenciadores disipativos y el segundo a los de tipo reactivo, pudiendo un mismo silenciador operar utilizando ambas técnicas.

4.1.2.1 Silenciadores reactivos. Son utilizados para el control de sonidos de bajas frecuencias. Su funcionamiento se presenta por la reflexión de ondas sonoras, es decir, cuando una onda sonora llega a una discontinuidad, donde la impedancia acústica es mucho más baja o alta que la impedancia característica del ducto. En estos casos solo una pequeña parte de la energía fluye a través de la discontinuidad y el resto de la energía se convierte en una onda reflejada que se origina en la discontinuidad y vuelve en dirección a la fuente.

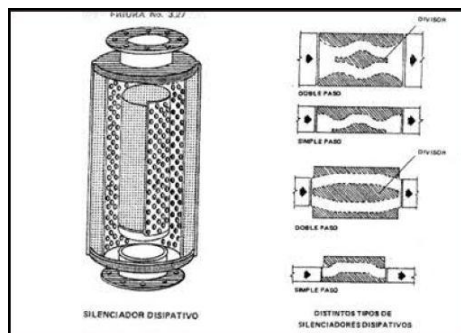
Figura 5. Silenciador reactivo.



* Silenciadores Reactivos, Universal Acoustic & Emission technologies, Recuperado de: <<http://www.universalaet.com/sp/acoustic-technologies/engine-silencers.php>>, 2012

4.1.2.2 Silenciadores disipativos o absorptivos. Son los más comunes y eficientes para controlar ruidos cuando estos se presentan en las medianas y altas frecuencias. Operan bajo el principio de absorción de las ondas sonoras a través de un material absorbente distribuido al interior del silenciador.

Figura 6. Silenciador absorptivo.



* Silenciadores disipativos o absorptivos, Recuperado de: <<http://freakmadhatter.wordpress.com/2011/11/18/los-silenciadores/>>, 2011

La reducción de ruido que se obtiene con un silenciador absorbente se logra mediante la siguiente expresión:

$$LA = 12.6 * \frac{D_0}{S} * \alpha^{1.4}$$

Donde:

LA = Es la atenuación dB / ft.

D_o= Es el perímetro de ducto recubierto con material absorbente en in.

S= Área de ducto en in².

α= Coeficiente de absorción del material.

4.1.3 Elementos de protección auditiva. En aquellas situaciones donde es imposible eliminar el ruido en la fuente o el medio, es necesario recurrir a los protectores auditivos como medio eficaz de prevención de trauma sonoro.

Los protectores auditivos son elementos de protección destinados a reducir los efectos del ruido en la audición, para evitar daños en el oído. En definitiva, están destinados a reducir el nivel de presión acústica en los conductos auditivos a fin de no producir daño en el individuo expuesto.

Existen diversos tipos de protectores auditivos, entre los cuales se encuentran:

4.1.3.1 Tapones de inserción. Son protectores auditivos que se colocan en el canal auditivo externo, con el fin de bloquear la entrada del sonido. En ocasiones pueden ser provistos de un cordón para que el trabajador pueda colocárselos en su cuello en los periodos de descanso.

Entre los tapones encontramos los de espuma desechable o los reutilizables de silicona de una, dos, tres fases y hasta cuatro fases.

Figura 7. Tapones de inserción.



* Tapones de inserción Moldex, Recuperado de: <<http://www.moldex-europe.com/es/productos/tapones-reutilizables/>>, 2012

4.1.3.2 Protector auditivo moldeable. Esto se hacen a la medida de la oreja de cada trabajador, a estos se les llama protectores auditivos premoldeados. Tienen una duración aproximada de un año

Figura 8. Protector auditivo moldeable en silicona.



* Protectores auditivos en silicona, Recuperado de: <http://www.gaes.es/soluciones/proteccion_auditiva/>, 2012

4.1.3.3 Protectores auditivos Tipo copa. Se conocen como protectores supraurales.

Consisten en casquetes que cubren el pabellón auricular y se ajustan a la cabeza mediante unas almohadillas blandas, rellenas de materiales aislantes de ruido. Los casquetes u orejeras están unidos por una banda o diadema de presión.

Algunas orejeras tienen un diseño para acoplarse al casco de seguridad.

Figura 9. Protector auditivo tipo copa.



* Protector auditivo de Copa, Recuperado de:
<<http://www.lubeseuridad.com.ar/precios.php?subrubro=64&rubro=6&expand=SI>>, 2012

4.1.3.4 Características de los protectores auditivos. El entorno que nos rodea está sobrecargado de ruido, el cual somete a las vías auditivas a una presión constante. En el ambiente laboral, esta presión se acentúa desencadenando situaciones graves, tanto físicas como psicológicas, es por esto que los protectores auditivos deben cumplir con las siguientes características fundamentales:

Comodidad: La comodidad es un rasgo crítico de un protector auditivo, pues un aparato que no sea cómodo no será utilizado conciente y correctamente, o quizá no se use nunca. El protector auditivo es anatómico lo que significa que es realizado teniendo en cuenta las características individuales de cada trabajador en

cuanto al tamaño de su conducto, esto hace que sea mucho más cómodo y con mayor capacidad de adaptación.

Material antialérgico: Una de las garantías más importantes que debe ofrecer un protector auditivo es proporcionar un estado sano del conducto auditivo y del mismo oído externo, ya que en muchas ocasiones el uso de determinado protector puede generar alteraciones como: hongos, laceraciones o infecciones. El protector auditivo está hecho de un material antialérgico que evita estas patologías.

Capacidad de Amortiguación: El protector auditivo proporciona niveles altos de amortiguación principalmente para las frecuencias agudas que son las más comprometidas en un daño auditivo inducido por ruido.

Aprobaciones y certificaciones: Los protectores auditivos deben estar aprobados y certificados por organismos oficiales.

Requisitos de atenuación del sonido: Para que la protección sea efectiva, debe situar al usuario en un nivel de exposición diario equivalente entre 65 y 80 dB (A). Por encima de 80 dB (A) la protección se considera insuficiente y por debajo de 65 la atenuación resulta excesiva puesto que pueden camuflarse sonidos importantes para la operación: alarmas, máquinas, etc.

Involucrar al usuario en la selección: Es importante que el usuario participe en la selección del protector auditivo, de entre todos aquellos que cumplan con las características de atenuación. La participación del usuario garantiza un mayor nivel de aceptación.

Ambiente de trabajo: Habrá que tener en cuenta aspectos como calor, humedad, higiene del medio de trabajo, ruido intermitente o continuado, etc. Se les debe dar un adecuado almacenamiento.

5. MARCO LEGAL

A continuación se presenta una breve síntesis de las legislaciones Colombianas que refieren el tema de Ruido, ya sea porque establecen valores límites permisibles y emiten medidas de prevención y control para evitar la aparición de enfermedades profesionales causadas por este factor de riesgo.

5.1 RESOLUCIÓN 1792 DE 1990

Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional a ruido. Presentados en la tabla 2.

5.2 RESOLUCIÓN 1016 DE 1989

Reglamento de la organización, funcionamiento y forma de los programas de Salud Ocupacional. Prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales

5.3 RESOLUCIÓN 8321 DE 1983

Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

5.4 RESOLUCIÓN 2400 DE 1979

Por la cual se establecen disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

Tabla 2. Valores Límite Permisibles.

Tiempo de exposición (horas)	Valor límite permisible dB(A)
8	85
4	90
2	95
1	100
½ (30 minutos)	105
¼ (15 minutos)	110
1/8 (7.5 minutos)	115

*Fuente: Ministerio de Trabajo y seguridad social y Ministerio de Salud. Valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido, 1990

Estos valores límites permisibles son aplicados a ruido continuo e intermitente, sin exceder la jornada laboral vigente, de 8 horas diarias.

6. MARCO METODOLOGICO

Se muestra a continuación la metodología utilizada para llevar a cabo el diseño del sistema de intervención; desarrollando este a partir de los resultados obtenidos en la medición de los niveles de presión sonora, con el fin de definir los criterios de diseño y variables para llevar a cabo el avance del método de control.

6.1 CARACTERISTICAS DEL MOLINO DE GRANOS

El molino de martillo tiene la funcionalidad de reducir las partículas de maíz y soya hasta 100 μm .

El mecanismo de trabajo de esta máquina se basa en la compresión del material entre dos cuerpos, está compuesto de un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes encajados en una carcasa. A su vez está dotado de un tamiz intercambiable con los diámetros que se requieran para llevar a cabo la disminución de las partículas. Puede operar a más de 1800 rpm.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del molino de granos.

Marca	Keplerweber
Rotación nominal	1800 rpm
Potencias del motor admisible	124 CV, 150 CV
Cámara de montaje	Diámetro: 900 mm Largo: 362 mm
Cantidad de martillos - capacidad total	75 pcs
Área de penetramiento	1,03 m ²
Peneras disponibles con furación	3 a 8 mm
Peso sin motor	1011 Kg

* Fuente: Manual de molino de martillo. Brasil, 2007

6.2 EVALUACION DE LOS NIVELES DE PRESION SONORA

6.2.1 Equipo utilizado para la evaluación de ruido. Para la realización de las evaluaciones se utilizaron los siguientes equipos:

- Sonómetro marca QUEST modelo Sound Pro serie BIJ040010. Ver certificado de calibración Anexo 1
- Calibrador de ruido certificado con número de serie QIB070160: Los equipos fueron verificados en su calibración antes y después de las mediciones.
- Protector para viento en el micrófono del sonómetro.

Figura 10. Sonómetro Sound Pro

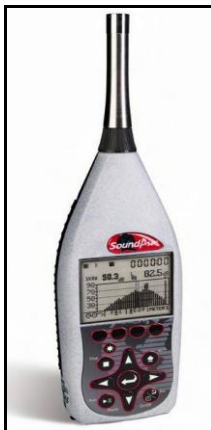


Figura 11. QC-10 Calibrador



* QUEST, Equipos de medición. Recuperado de: <<http://www.quest-mexico.com/>>,2010

6.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERVENCION

Debido a los altos niveles de ruido generados por el molino de granos en el área de producción se propone diseñar un encerramiento en acero de 4.7 mm, recubierto con placas absorbentes de lana mineral de roca (Panel Black), el cual tendrá una dimensión de 2.20 metros de largo, 2.55 metros de ancho y 1.88 metros de alto. Además se implementarán dos silenciadores splitter el cual

permitirá el flujo del aire dentro del encerramiento para evitar incremento de temperatura y de igual forma disminuir la intensidad de los niveles de presión sonora generados por la fuente.

Además se dan recomendaciones para el mantenimiento del molino y aislamiento del ruido generado por la caída de la materia prima a la tolva de recolección.

6.3.1 Cálculos del encerramiento. Se presenta a continuación el procedimiento de cálculo para la frecuencia de 125 Hz. Se debe proceder de la misma forma para el cálculo de las demás frecuencias. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8.

Paso 1. Nivel de Presión Sonora (Lp)

Es la Presión sonora emitida por una fuente con relación a un valor internacional de referencia Para el diseño del encerramiento del molino de granos se realizó la medición a 1 metro de distancia de la fuente en las frecuencias de 125 a 4000 Hz en dB lineal (z), además se realizaron mediciones en la oficina de producción y en la zona de análisis de calidad de materia prima ya que estas también se ven afectadas por los niveles de ruido generados por la fuente. Ver tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de ruido ocupacional.

PUNTO DE MEDICIÓN	dB (A)	dB (Z)	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS									
			31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
1. Molienda (Análisis calidad)	84,4	92,7	83,1	74,7	86,8	87,1	81,5	79,6	74,2	68	63,4	56
2. Oficina de Producción.	71,0	82,1										
3. Molino de granos	92,9	101,0	81,8	84,6	97,1	96,6	88,6	87,8	82,5	77,2	71,5	62,0

Paso 2. Nivel de potencia sonora de la fuente (Lw)

Se calcula por el método de campo libre y abierto, Con la siguiente expresión:

$$\mathbf{Lw = Lp + 20 \text{ Log } r + 11 \text{ dB}}$$

De donde:

Lw= Nivel de Potencia Sonora.

Lp= Nivel de presión sonora

r = Distancia entre la fuente y el punto donde se tomo la medición en metros.

Para la frecuencia de 125 Hz

$$\mathbf{Lw = 97.1 + 20 \text{ Log } (1) + 11 \text{ dB}}$$

$$\mathbf{Lw = 108.1 \text{ dB}}$$

Paso 3. Absorción del encerramiento

Se utilizará lana mineral- Panel Black de 1 ½ in de espesor para recubrir las paredes y el techo del encerramiento. Para la frecuencia de 125 Hz este material posee un coeficiente de absorción de 0.5. Ver anexo 2. Ficha técnica de la lana mineral.

Para calcular la absorción del encerramiento se procede a hallar el área por cada material a utilizar y esta se debe multiplicar por el coeficiente de absorción de los respectivos materiales. Ver tabla 6. Absorción del encerramiento para la Frecuencia de 125 Hz

Tabla 5. Absorción del encerramiento para la Frecuencia de 125 Hz

Parte del salón	Material	Dimensiones	Área S (m ²)	125 α	125 αS
Techo	Lana mineral	2.20 * 2.55	5.61	0.5	2.85
Paredes	Lana mineral	(2.55*1.88)*2+(2.20*1.88)*2 - 0.14	17.72	0.5	8.86
Piso	Hormigón	2.20 * 2.55	5.61	0.01	0.056
Ventana	Vidrio	0.4 * 0.35	0.14	0.04	0.0056
TOTAL			29.08		11.727

Los resultados obtenidos para las demás frecuencias se muestran en la tabla 7.

Paso 4. Nivel de presión sonora dentro del encerramiento (L_p)

Se calcula por campo reverberante, debido a las dimensiones del encerramiento, con la siguiente expresión.

$$L_p = L_w - 10 \log A + 6 \text{ dB}$$

De donde:

L_p= Nivel de Presión Sonora dentro del encerramiento

A= Absorción del encerramiento

Para la frecuencia de 125 Hz.

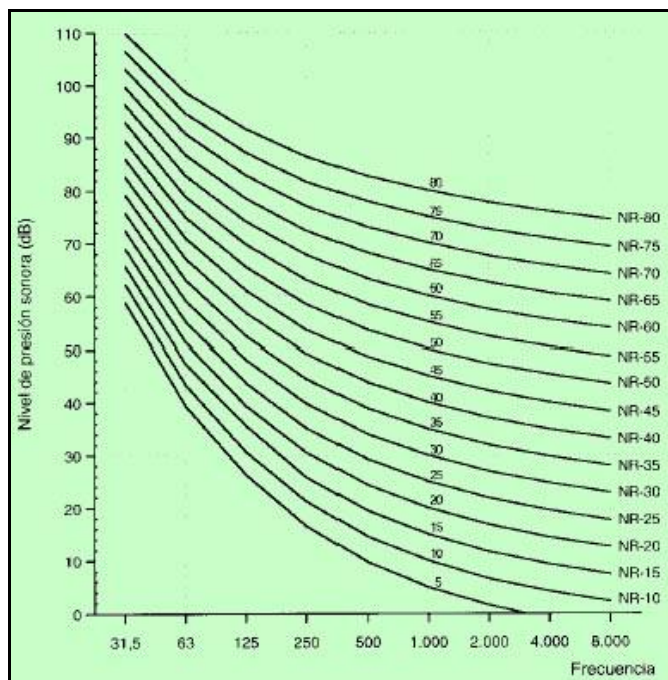
$$L_p \text{ encerramiento} = 108.1 - 10 \log (11.727) + 6 \text{ dB}$$

$$L_p \text{ encerramiento} = 103.41 \text{ dB}$$

Paso 5. Nivel de presión sonora recomendados correspondientes al índice (NR)

El nivel de presión sonora recomendado se obtiene de los índices de ruido (NR) para diferentes ambientes de trabajo, por lo tanto se define el NR para talleres en el cual los rangos que pueden aceptarse están entre 60 -70, seleccionamos la curva de NR de 70, siendo el nivel recomendado para la frecuencia de 125 Hz de 82.9 dB. Los valores recomendados para las demás frecuencias se obtienen de la Figura 12. Curvas de valoración NR (Noise Rating).

Figura 12. Curvas de valoración de ruido NR (Noise Rating)



* Índices de valoración NR (Noise Rating). Recuperado de: <
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io6/public_html/Indice.html>

Paso 6. Nivel de ruido necesario (NR)

Son los niveles de ruido que debo reducir para lograr el nivel de presión sonora recomendado.

$$\text{NR necesario} = \text{Lp del encerramiento} - \text{Lp deseado} + 5 \text{ dB}$$

De donde:

NR necesario= Reducción de Ruido necesario

Lp del encerramiento= Nivel depresión sonora dentro del encerramiento

Lp recomendado = Nivel de presión sonora recomendado

$$\text{NR necesario} = 103.41 - 82.9 + 5 \text{ dB} = 25.51 \text{ dB}$$

Paso 7. Pérdidas por transmisión necesarias (TLnecesario)

Se toma el TLnecesario= NRnecesario ya que solo se tendrá en cuenta el ruido directo y el reflejado se igualará a cero, porque la Absorción del salón donde se encuentran los receptores es difícil de calcular debido a que este cuenta con una dimensión amplia, máquinas, equipos, materias primas, entre otros, además de esto la salida y entrada de personal es muy variable.

$$\text{TL necesario} = \text{NR nec}$$

$$\text{TL necesario} = 25.51 \text{ dB}$$

Paso 8. Masa de material requerida

$$\text{Masa} = \log^{-1} \left(\frac{\text{TL} + 47.2}{20} - \text{Log Fr} \right)$$

De donde:

TL= Perdidas por transmisión requeridas.

m= Masa del material requerido.

Fr= Frecuencia.

$$\text{Masa} = \log^{-1} \left(\frac{25.51 + 47.2}{20} - \text{Log } 125 \right)$$

$$\text{Masa} = 34.55 \text{ kg/m}^2$$

Masa del material escogido

La masa del material escogido es de 36.11 kg/m²

Paso 9. Perdidas por transmisión del material escogido (TL)

Se definen como el número de decibeles en que la energía sonora que incide aleatoriamente sobre una pared es reducida en la transmisión a través de esta. Es la propiedad que tiene un material de no dejar pasar cierta cantidad de ruido a través de él.

El TL de un material obedece a lo que se conoce como ley de masas.

$$\mathbf{TL = 20 \text{ Log } (F * M) - 47.2}$$

De donde:

TL = Perdidas por transmisión

F = Frecuencia

M = Masa

$$\mathbf{TL = 20 \text{ Log } (125 * 36.11) - 47.2}$$

$$\mathbf{TL = 25.89 \text{ dB}}$$

Paso 10. Nivel de presión sonora esperado

Es el Nivel de Presión Sonora que se espera con el encerramiento.

$$\mathbf{Lp = Lp \text{ encerramiento} - TL \text{ del material escogido}}$$

De donde:

L_p= Nivel de presión sonora esperado

L_p encerramiento= Nivel de Presión Sonora del encerramiento

TL= Perdidas por transmisión del material escogido

L_p = 103.41 - 25.89

L_p = 77.52 dB (Lin)

L_p = 77.52 - 16.1 = 61.42 dB (A)

Tabla 6. Absorción del encerramiento para las Frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz

PARTE DEL SALON	MATERIAL	DIMENSIONES	AREA, S (m ²)	125 α	125 αS	250 α	250 αS	500 α	500 αS	1K α	1K αS	2K α	2K αS	4K α	4K αS
TECHO	Lana mineral	2.20 * 2.55	5.61	0.5	2.81	0.85	4.76	0.95	5.33	1	5.61	1	5.61	1	5.61
PAREDES	Lana mineral	$(2.55*1.88)*2 + (2.20*1.88)*2 - 0.14$	17.72	0.5	8.86	0.85	15.06	0.95	16.83	1	17.72	1	17.72	1	17.72
PISO	Hormigón	2.20 * 2.55	5.61	0.01	0.056	0.01	0.056	0.01	0.056	0.02	0.1122	0.02	0.1122	0.02	0.1122
VENTANA	Vidrio	0.4 * 0.35	0.14	0.04	0.0056	0.04	0.0056	0.03	0.0042	0.03	0.0045	0.02	0.0028	0.02	0.0028
TOTAL			29.08		11.73		19.89		22.22		23.45		23.45		23.45

Tabla 7. Cálculo del encerramiento para las Frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Nivel de presión sonora medido dB lin.	97.1	96.6	88.6	87.8	82.5	77.2
r (Distancia del sonómetro a la fuente) (m)	1					
Nivel de Potencia sonora (Lw)	108.1	107.6	99.6	98.8	93.5	88.2
Absorción del encerramiento	11.73	19.89	22.22	23.45	23.45	23.45
Nivel de presión sonora del encerramiento	103.41	100.61	92.13	91.10	85.80	80.50
Nivel de ruido recomendado (NR)=70	82.9	77.1	73	70	67.5	65.7
Nivel de Ruido necesario (NR)	25.51	28.51	24.13	26.10	23.30	19.80
Perdidas por transmisión (TL)	25.51	28.51	24.13	26.10	23.30	19.80
Masa del material requerida	34.55	24.42	7.37	4.62	1.67	0.56
Masa del material escogido (Kg/m²)	36.11					
Perdidas por transmisión del material	25.89	31.91	37.93	43.95	49.97	55.99
Nivel de presión sonora esperado en dB (Lin)	77.52	68.70	54.20	47.15	35.83	24.51
Factor de corrección dB(A)	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1
Nivel de presión sonora esperado en dB (A)	61.42	60.10	51.00	47.15	37.03	25.51
Lp total dB (A)	64.7					

6.3.2 Cálculos del silenciador Splitter. Se presenta a continuación el procedimiento de cálculo para la frecuencia de 125 Hz. Se debe proceder de la misma forma para el cálculo de las demás frecuencias. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9.

Paso 1. Nivel de presión sonora para el diseño del silenciador

El Nivel de presión sonora y el nivel de ruido necesario utilizado para el diseño del silenciador es el calculado dentro del encerramiento. Ver tabla 8.

Paso 2. Dimensiones del silenciador

Área Libre del Silenciador (S mínima)

Para hallar el área libre del silenciador se toma la medida del diámetro del motor del molino 18 in para garantizar la entrada y salida de aire del encerramiento.

$$S = \frac{\pi (18 \text{ in})^2}{4}$$

$$S = 254 \text{ in}^2$$

$$S = 42.5 \text{ in} * 1.2 \text{ in} * 5$$

$$S = 255 \text{ in}^2$$

Perímetro del Silenciador (Do)

Perímetro del material absorbente en contacto con el área libre en pulgadas.

$$Do = \text{Ancho del silenciador} \times \text{Numero de ranuras} \times 2$$

$$Do = 42.5 \text{ in} * 10 + 10 * 1.2 \text{ in}$$

$$Do = 437 \text{ in}$$

Paso 3. Coeficiente de absorción del material

Para el diseño del silenciador se utilizarán placas de lana mineral (panel black) de 1.5 in de espesor, la cual tiene un coeficiente de absorción para la frecuencia de 125 Hz de 0,5.

Paso 4. Atenuación del silenciador por cada ft de longitud (LA)

$$LA = 12.6 * \frac{D_0}{S} * \alpha^{1.4}$$

De donde:

LA = Es la atenuación dB / ft.

D₀ = perímetro del material absorbente en contacto con el área libre en in.

S = Área de ducto en in².

α = Coeficiente de absorción del material absorbente.

Para la frecuencia de 125 Hz

$$\frac{D_0}{S} = 1.714$$

$$LA = 12.6 * 1.714 * (0.5)^{1.4}$$

$$LA = 8.18 \text{ dB /ft}$$

Paso 5. Longitud requerida para atenuar el nivel de ruido necesario (NR/LA)

$$NR/LA = \frac{29.4 \text{ dB}}{8.18 \text{ dB/ft}}$$

$$NR/LA = 3.1 \text{ ft}$$

Paso 6. Atenuación del silenciador con LA de 3.1 ft en (dB)

$$\text{LA } 3.1 \text{ ft} = 8.18 \text{ dB /ft} * 3.12 \text{ ft}$$

$$\text{LA } 3.1 \text{ ft} = 25.52 \text{ dB}$$

Tabla 8. Cálculo del silenciador para las Frecuencias de 125 Hz a 4000 Hz.

FRECUENCIA	125	250	500	1K	2K	4K
Nivel de Ruido necesario (NR)	25.51	28.51	24.13	26.10	23.30	19.80
Coefficiente de absorción del material (Sabinio) α	0.5	0.85	0.95	1	1	1
Atenuación del silenciador por cada ft de longitud (LA) dB/ft	8.18	17.20	20.10	21.59	21.59	21.59
NR/LA (ft)	3.12	1.7	1.2	1.2	1.1	0.9
NR/LA (m)	0.95	0.51	0.37	0.37	0.33	0.28
Atenuación del silenciador con LA de 3.1 ft en (dB)	25.52	53.66	62.71	67.36	67.36	67.36

6.3.3 Aislamiento del ruido en la tolva. Se plantea realizar un recubrimiento en el interior de la tolva, en el cual se utilizara un caucho natural de ¼ pulgada de espesor, este tendrá la funcionalidad de disminuir los niveles de ruido generados por la caída de la materia prima, el cual permitirá que esta no choque con la misma fuerza al caer del transportador.

El material sugerido para realizar esta intervención posee características importantes con respecto a la conservación de la calidad de la materia prima a procesar. Ver ficha técnica del caucho natural en el Anexo 3.

6.4 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL MOLINO DE GRANOS

El mantenimiento preventivo y correctivo mejoraría significativamente la transmisión de ruido ya que este ayuda a optimizar cualquier control de ruido que se requiera implementar, además constituye un paso importante en el tratamiento y acondicionamiento de maquinaria.

Se realizan a continuación recomendaciones haciendo énfasis en sistemas de amortiguación, motor, carcasas y rodamientos del molino, buscando con ello el mejoramiento de las condiciones técnicas y por ende la reducción de ruido y vibraciones riesgos que usualmente son generados por desgaste y daños mecánicos.

6.4.1 Sistemas de amortiguación

- Los amortiguadores de vibración del molino deben estar en buen estado con el fin de reducir significativamente los niveles de vibración y ruido es esta zona.

6.4.2 Motor

- El ruido generado en los rodamientos y la propagación del mismo puede ser reducido por el montaje del mismo sobre amortiguadores adecuadamente calculados; se debe tener presente que los amortiguadores colocados inadecuadamente pueden amplificar las vibraciones.
- Fijar correctamente los rodamientos.
- Realizar engrase periódico de los rodamientos, con el fin de mantener la lubricación necesaria para el buen funcionamiento de la maquina.

6.4.3 Carcasas

- Se debe verificar el correcto cerramiento de las puertas antes de iniciar el proceso, con esta medida además de reducir los viles de presión sonora se disminuye la emisión de material particulado.
- Realizar ajuste de tornillos de las carcasas.

- Se debe hacer uso de sellos de neopreno en las uniones de piezas y carcasas.

Con las anteriores acciones de mantenimiento en los diferentes procesos de la compañía se pueden llegar a alcanzar reducciones de ruido en la operación de las diferentes máquinas de 10 dB, esto si se garantiza un mantenimiento más preventivo que correctivo y si se realiza la intervención en forma oportuna.

6.5 RECOMENDACIONES PROTECCION AUDITIVA

6.5.1 Protección auditiva utilizada en CIPA S.A. A continuación se muestran los niveles de atenuación brindados por la protección auditiva utilizada por los trabajadores de la empresa. Para el cálculo de estos se tienen en cuenta los resultados de los niveles de presión sonora generados por el molino de granos. Ver tabla 11.

Descripción: Protector auditivo personalizado en silicona.
Silicona marca EGGER (Producto Alemán)

Tabla 9. Nivel de atenuación del protector auditivo.

FRECUENCIA	125	250	500	1K	2K	4K	6K	8K
Promedio de Atenuación (dB)	18.5	20.5	20	25.5	37.5	44	42.5	41
Desviación estándar	5.8	4.9	5	3.7	4.1	4.3	5	5

* Fuente: Química Bremen. Ficha técnica protector auditivo personalizado en silicona Alemana EGGER, 2012

Para la verificación de la eficacia del protector auditivo en silicona EGGER, se procederá utilizando el método de bandas de octava por lo cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Reducción de ruido necesaria: Hallar la reducción de ruido necesaria, el cual servirá como curva de referencia:

$$\text{NR necesario} = L_p \text{ evaluado} - L_p \text{ recomendado} + 5$$

De donde:

NRnecesario= Reducción de Ruido necesario

Lp del encerramiento= Nivel depresión sonora dentro del encerramiento

Lp recomendado = Nivel de presión sonora recomendado

A continuación se presenta el cálculo para la frecuencia de 125 Hz. Se debe proceder de la misma forma para el cálculo de las demás frecuencias. Ver tabla 11.

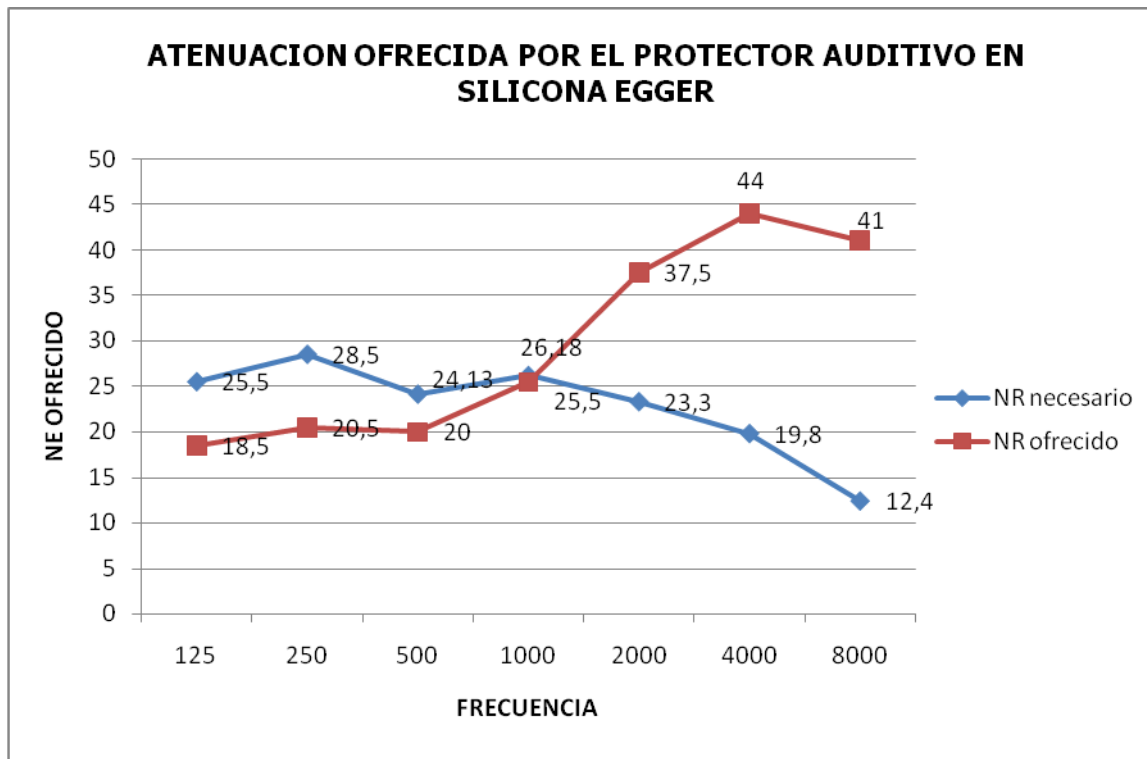
$$\text{NR necesario} = 97.1 - 82.9 + 5$$

$$\text{NRnecesario} = 25.5 \text{ dB}$$

Tabla 10. Reducción de ruido necesario

FRECUENCIA	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Lp Evaluados	97.1	96.6	88.6	87.8	82.5	77.2	71.5
Lp recomendados	82.9	77.1	73	70	67.5	65.7	64.1
NR necesario	25.5	28.5	24.13	26.18	23.3	19.8	12.4

Figura 13. Atenuación ofrecida por el protector auditivo en silicona EGGER



Se evidencia en el gráfico anterior que la protección auditiva no garantiza la reducción de ruido necesaria para las frecuencias de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz y 1000 Hz.

Por esta razón es necesario hacer recomendaciones de protección auditiva con la cual se logre atenuar los niveles de presión auditiva presentes en el área de producción. Para llevar a cabo estas recomendaciones se procede de igual forma con el método de bandas de octava, teniendo en cuenta la reducción de ruido necesaria calculada en la tabla 11.

6.5.2 Protección auditiva propuesta. Para hallar la atenuación ofrecida por los protectores auditivos recomendados se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Atenuación mínima de cada protector = Promedio atenuación – (2 x Desviación estándar)

Atenuación mínima del protector = Atenuación protector auditivo + Atenuación protector tipo copa.

Tabla 11. Atenuación del protector auditivo tipo copa u orejera ARSEG

FRECUENCIA(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio de atenuación	11	19.5	28	37	38	37	33
Desviación estándar	1.9	1.8	2.4	2.5	2.1	2.4	2.7
Reducción de ruido ofrecida	7.2	15.9	23.2	32	33.8	32.2	27.6

Tabla 12. Atenuación del protector orejera ARSEG mas EAR E-Z FIT (EARPLUGS)

FRECUENCIA(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio de atenuación	35.1	36.9	39	37.5	35.1	44.9	48.7
Desviación estándar	5.8	5.0	4.6	5.9	3.0	3.3	4.5
Reducción de ruido ofrecida	23.5	27.7	29.8	25.7	29.1	38.3	39.7
Orejera + EAR E-Z FIT	30.7	43.6	53	57.7	62.9	70.5	67.3

Tabla 13. Atenuación del protector silicona (INSTA MOLD)

FRECUENCIA(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio de atenuación	30.5	31.4	35.3	37.5	39.5	47.5	45.5
Desviación estándar	2.14	2.38	2.24	2.23	2.34	3.04	3.21
Reducción de ruido ofrecida	26.22	26.64	30.82	33.04	34.82	41.42	39.08

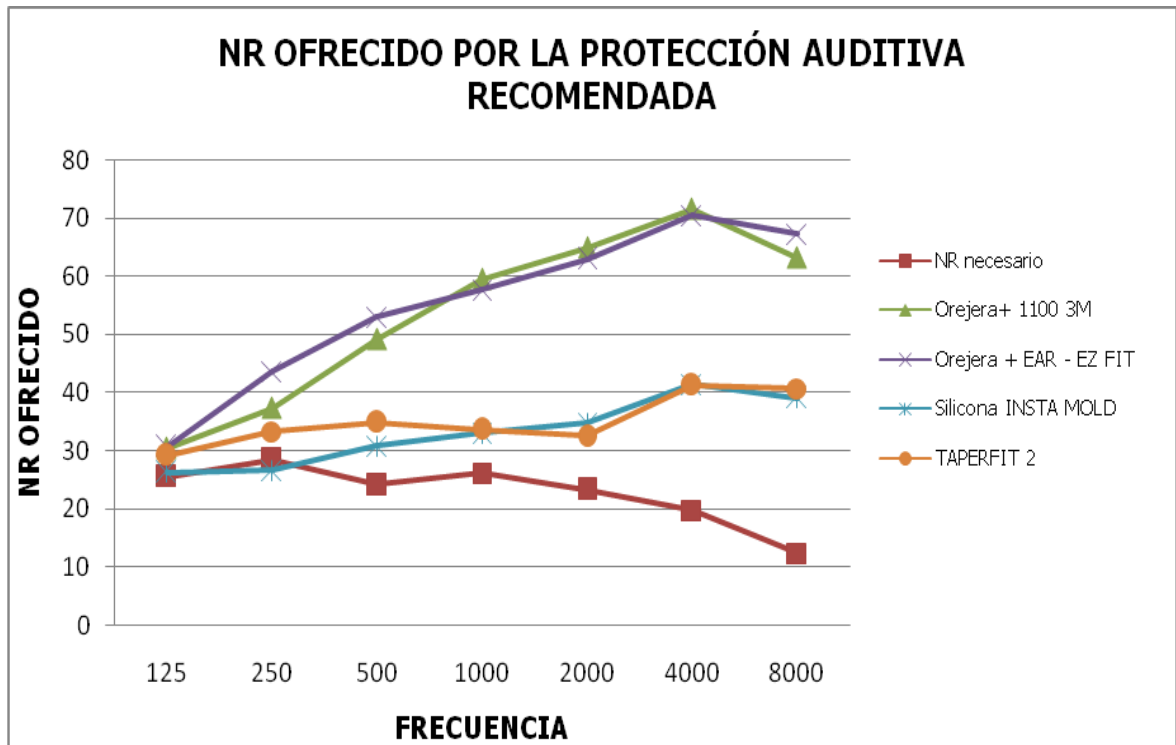
Tabla 14. Atenuación del protector TAPERFIT 2 (EAR PUGS)

FRECUENCIA(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio de atenuación	36.4	39.1	41.7	40.7	38.1	45.9	48.1
Desviación estándar	3.6	2.9	3.4	3.5	2.8	2.3	3.7
Reducción de ruido ofrecida	29.2	33.3	34.9	33.7	32.5	41.3	40.7

Tabla 15. Atenuación del protector Orejera ARSEG + 1100 3M

FRECUENCIA(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Promedio de atenuación	33.1	36.3	38.4	38.7	39.7	48.3	44.4
Desviación estándar	5	7.4	6.2	35.6	4.3	4.5	4.4
Reducción de ruido ofrecida	23.1	21.5	26	27.5	31.1	39.3	35.6
Orejera ARSEG + 1100 3M	30.41	37.4	49.2	59.5	64.9	71.5	63.2

Figura 14. Reducción de ruido ofrecida por la protección auditiva recomendada



En la recomendación técnica se evidencia que los protectores propuestos poseen mayor atenuación de ruido en comparación con los protectores auditivos en silicona EGGER. Estos se muestran en la grafica y son aquellos cuya curva se encuentra por encima de la reducción de ruido necesario.

Se sugiere tener tomar a consideración las propuestas anteriormente planteadas, priorizando de acuerdo al protector que ofrezca mayor atenuación.

7. CONCLUSIONES

- Los niveles de ruido generados por el molino de granos se encuentran alrededor de 92.9 dB (A), superando los límites permisibles 85 dB (A), aunque estos valores no se deben comparar con la norma, sirven para referenciar el ruido en un punto específico donde la fuente permanece en constante funcionamiento.
- El nivel de presión sonora reportado en la oficina de producción fue 71 dB (A), con una exposición diaria que supera las 8 horas. Se debe tener en cuenta que la norma enfatiza que para labores intelectuales los límites permisibles no deben superar los 70 dB (A) en ningún momento de la jornada y que la fuente generadora permanece constante.
- Una vez implementado el encerramiento se espera disminuir los niveles totales de presión sonora a 64.7 dB (A), lo cual sería muy satisfactorio para el personal expuesto ya que mejorarían significativamente las condiciones de confort de los mismos.
- Con los resultados obtenidos en el diseño se puede concluir que este sistema de intervención resulta eficiente para reducir los niveles de presión sonora que genera el molino de granos del área de producción, no obstante se deben tener en cuenta otras fuentes de ruido en el proceso las cual generan altos niveles de ruido.

8. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar métodos de control de ruido a las máquinas peletizadoras, las cuales por su operación generan niveles de presión sonora que logran superar los 102.1 dB (A), con el fin de garantizar la eficiencia del sistema de intervención de ruido del área de producción; evitando de esta forma la incidencia de los niveles de presión sonora en esta zona.
- Se requiere realizar adecuaciones locativas en el puesto de trabajo de análisis de calidad ya que debido a la labor que el auxiliar realiza se deben mejorar las condiciones de trabajo, a fin de evitar la exposición continua a ruido, factor de riesgo que influye directamente en dicho puesto de trabajo.
- Las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo son fundamentales para la optimización de los sistemas de control, ya que estas impactan positivamente sobre la solución de problemas generados por los altos niveles de ruido; además ayudan a conservar en su estado inicial los niveles de presión sonora de la maquinaria.
- Se recomienda estudiar el posible deterioro causado por la presencia de material particulado en el funcionamiento del molino de granos y los silenciadores, con el fin de mantener la eficiencia de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

Compendio de normas legales sobre salud ocupacional, 2011.

CYRIL M, Harris. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Volumen I. 1995. Tercera Edición, 830 p.

CYRIL M, Harris. Manual de medidas Acústicas y Control del Ruido, Volumen II. 1995. Tercera Edición, 850 p.

FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial en Control de ruido y vibraciones. España 1991. p. 531- 585

KEPLERWEBER INDUSTRIAL S.A., Manual de molino de martillo. Brasil. 22 p.

PUERTA SEPÚLVEDA, Jorge y QUINCHÍA HERNÁNDEZ, Rigoberto. Evaluación y Control de Ruido Industrial. Medellín. 1ra Edición, Mayo 1991. 138 p.

EMPAQUETADURAS Y EMPAQUES, Especialistas en el sellado de fluidos. [En línea] <<http://www.empaquetadurasyempaques.com/>> [Consulta: 22 de Junio de 2012]

CALORCOL, Lana mineral de roca. [En línea] <www.calorcol.com/Soluciones/SolucionesAcústicas/AcústicaArquitectónica/tabid/73/language/es-ES/Default.aspx> [Consulta: 18 de mayo de 2012]

QUEST- MEXICO.COM, productos de seguridad industrial. [En línea] <http://www.quest-mexico.com/pb/wp_078a32f0/wp_078a32f0.html> [Consulta: 18 de mayo de 2012]

ANATOMIA DEL OÍDO, como funciona el oído. [En línea] <http://www.pediatraldia.cl/anat_fun_oido.htm> [Consulta: 21 de junio de 2012]



FACTS, Agencia Europea para la seguridad y la salud en el trabajo. [En línea]
<<http://www.sindicat.net/salut/facts/Losefectosdelruidoeneltrabajo57.pdf>>
[Consulta: 21 de junio de 2012]

DUETO, Equipos de Protección Individual (EPI). [En línea]
<<http://www.duerto.com/normativa/auditivo.php>> [Consulta: 23 de junio de 2012]

ACÚSTICA Y SONIDO, coeficientes de absorción acústica.[En línea]
<http://www.acusticaysonido.com/index.php?option=com_content&view=article&id=83:coeficiente-de-absorcion&catid=50:acondicionamiento&Itemid=103>
[Consulta: 23 de junio de 2012]

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de calibración del sonómetro

Certificate of Calibration
Certificate Number: 243530BIJ040010

Model: SoundPro SP DL-2-1/3 **Date Issued:** 22-April-2010
S/N: BIJ040010

Quest Technologies, Inc. certifies that the above listed product meets or exceeds the requirements of the following standard(s):


IEC 61672-1-2002 Class 2 Sound Level Meter Type 2
ANSI S1.4-1983 (R2001) Octave-Band Filters Class 1
IEC61260:2001 Octave Band Filters Class 1
ANSI S1.43-1997 (R2002) for Sound Level Meters Type 2

Test Conditions: Temp: 18-25°C Humidity: 20-80% R.H. Barometer: 950-1050 mBar
Test Procedure: S053-899
Subassemblies:

QE7052	S/N: 35808 - QE7052
SPro Preamp	S/N: 04104346

Reference Standard(s):

Device	Cal Due Date	Uncertainty - Estimated at 95% Confidence Level (k=2)
B&K Ensemble	11-May-2010	+/- 2.2% Acoustic (0.19dB)
Fluke 45	3-March-2011	+/- 1.4% AC Voltage, +/-0.1% DC Voltage

Calibrated By: 
Carol Brenning Assembler

In order to maintain best instrument performance over time and in the event of inspection, audit or litigation, we recommend the instrument be recalibrated annually. Any number of factors may cause the calibration item to drift out of calibration before the recommended interval has expired.

All equipment used in this test is traceable to NIST, and applies only to the unit identified above.
This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of Quest Technologies, Inc.

058-387 Rev H Page 1 of 1

QUEST TECHNOLOGIES
a 3M company
1080 Corporate Center Drive • Oconomowoc WI 53066 • USA • Toll Free 800.245.0779 • Tel 262.567.9157 • Fax 262.567.4047
An ISO 9001 Registered Company • ISO 17025 Accredited Calibration Laboratory
www.questtechnologies.com

Anexo 2. Ficha técnica de Lana mineral- Panel Black

CALORCOL
Expertos en Ingeniería de Aislamientos

Ficha Técnica

PANEL BLACK

Soluciones de aislamiento



Acústica



Placas absorbentes de Lana Mineral de Roca para acondicionamientos acústicos y control de ruido de áreas abiertas y sobre cielo rasos para tratamientos acústicos industriales y comerciales.

Descripción

Las placas absorbentes consisten en bloques preformados, planos uniformes y semi-rígidos de lana mineral de roca aglutinados con resina sintética termo-resistente, con acabado en base sono-absorbente en color negro para eliminar reflexiones de luz.

Por su densidad y su acabado reforzado presenta baja erosión, no sueltan fibra ni polvos en presencia de corrientes de aire.

Aplicaciones

Las placas absorbentes son de excepcional desempeño por su alta resistencia y densidad, ampliamente utilizadas en infinidad de aplicaciones industriales y comerciales.

- La variedad de aplicaciones y usos incluyen:
- Como tratamiento de superficies para eliminar la reverberación de grandes espacios como salones, auditorios, teatros, cines, bodegas, comedores industriales, restaurantes, entre otros.
- Como sistema de cielo raso de áreas abiertas y de alto tráfico.
- Como material sobre cielo rasos abiertos.
- Para aplicaciones de acústica y control de ruido en espacios que por su concepción y diseño lo requieran.

Especificaciones Técnicas

Densidad	80 kg/m ³ 96 kg/m ³
Dimensiones	0,61 m x 1,22 m
Espesor	1" a 4" con incrementos de 1/2"
Absorción acústica	NRC 1,0
Conductividad térmica	0,25 BTU. Plg/pie ² .hr.°F a >100 °F
Acabado	Revestido en textil no tejido negro







www.calorcol.com

La Lana Mineral de Roca es el aislante más utilizado en el mundo en el campo industrial y comercial por su excelente desempeño térmico, absorción acústica, resistencia al fuego; además de ser amigable con el medio ambiente.

Ventajas

- Poseen un excelente coeficiente de absorción acústica, cercano a la unidad.
- Las placas absorbentes poseen una resistencia térmica superior.
- Las fibras minerales resisten temperaturas superiores a los 900°C. Sin fundirse, ni contraerse.
- Alta resistencia mecánica, permanecen inalterables en el tiempo manteniendo su estabilidad estructural, aún sometidas a vibraciones; no se desmoronan, no se rompen, no se comprime, no se deforman ni se oscurecen.
- Son inmunes al ataque de hongos, bacterias, no son hábitat para insectos y roedores, no despiden ni absorben olores, son 100% libres de asbesto.
- Son de fácil y rápida aplicación, pueden ser cortadas y pinadas sin perder sus propiedades térmicas y acústicas.
- Son clasificadas como incombustibles y no propagan llama ni humos tóxicos.
- Por ser totalmente inorgánicas no corren ni atacan los substratos donde son aplicadas.

NOISE REDUCTION COEFFICIENT NRC

NRC 1plg: 0.75, NRC 2plg: 1

Valores esperados de acuerdo con la evaluación de productos de diseño comparable.

Coeficiente de absorción del sonido							
Espesor en pulgadas	Frecuencia (ciclos/seg)						
	125	250	500	1000	2000	4000	
1	0.20	0.45	0.80	0.85	0.85	0.95	
1 1/2	0.50	0.85	0.95	1.0	1.0	1.0	

Conductividad térmica

Tº media	Btu. plg./hr.pie². °F
100	0.25
150	0.28
200	0.31
250	0.35
300	0.39
350	0.43
400	0.48



Compromiso Ambiental

La Lana Mineral de Roca es un producto amigable con el medio ambiente con su aplicación en todos nuestros sistemas de aislamiento contribuimos eficientemente con el desarrollo ambiental sostenible, disminuyendo drásticamente los consumos de energía y combustibles, por lo tanto, se reduce la emisión de gases y humos, la polución del aire, el efecto invernadero y la lluvia ácida; en su manufactura no se utilizan agentes gasificantes de tipo CFC o HCFC.



Internationally tested and approved



National Fire Protection Association

The authority on fire, electrical, and building ing safety
MIEMBROS DE LA NATIONAL FIREPROOFING ASSOCIATION (NFPA)



Oficina principal

Calle 46Nº 71-121
PBX: (574) 274 4149.
Email: info@calorcol.com
Copacabana - Antioquia - Colombia

Centros de distribución

Bogotá: Cra 97 N° 24C - 75 Bg 40 Fontibón PBX (571) 415 9302 Cel: 316 5272521

Barranquilla:
Cel. 316 5278492

Bucaramanga:
Cel. 316 2550568

Cali:
Cel. 316 5278486

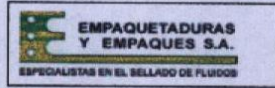
Pereira:
Cel. 316 8751095

Exportaciones:
Exportaciones@calorcol.com

NIT: 811034480-0

www.calorcol.com

Anexo 3. Ficha técnica del caucho Natural



FICHA COMERCIAL

CAUCHO NATURAL NR

Los datos técnicos son una guía general y no necesariamente representan resultados que puedan obtenerse en otros laboratorios. Las propiedades mencionadas a continuación, varían dependiendo la dureza y formulación con que se fabrique.

Rango de temperatura de servicio continuo	-50°C + 90°C
Tensión de desgarre	28K N/m
Resistencia a la tracción	26.6 Mpa
Alargamiento a la ruptura	460%
Módulo al 300%	8.6 Mpa
Resistencia a la fatiga por tracción KC	39 KC

Propiedades

El CAUCHO NATURAL es un elastómero ampliamente utilizado; es resistente al agua, álcalis o ácidos débiles pero lo atacan productos como el benceno, petróleo, hidrocarburos clorados y disulfuro de carbono. Con agentes oxidantes químicos se oxida rápidamente, pero con el oxígeno de la atmósfera lo hace lentamente.

Alto esfuerzo de tensión sobre un amplio rango de dureza.

Muy alta resiliencia y baja generación de calor.

Buenas propiedades de aislamiento eléctrico.

Aplicaciones generales

Por su resistencia a la abrasión, el caucho blando se utiliza en los dibujos de los neumáticos de los automóviles y en las cintas transportadoras; el caucho duro se emplea para fabricar carcasas de equipos de bombeo y tuberías utilizadas para perforaciones con lodos abrasivos.

Por su flexibilidad, se utiliza frecuentemente para fabricar mangueras, neumáticos y rodillos para una amplia variedad de máquinas, desde los rodillos para escurrir la ropa hasta los instalados en las rotativas e imprentas. Por su elasticidad se usa en varios tipos de amortiguadores y mecanismos de las carcasas de máquinas para reducir las vibraciones. Al ser relativamente impermeable a los gases se emplea para fabricar mangueras de aire, globos y colchones. Su resistencia al agua y a la mayoría de los productos químicos líquidos se aprovecha para fabricar ropa impermeable, trajes de buceo, tubos de laboratorio y sondas para la administración de medicamentos, revestimientos de tanques de almacenamiento, máquinas procesadoras y vagones aljibes para trenes. Por su resistencia a la electricidad, el caucho blando se utiliza en materiales aislantes, guantes protectores, zapatos y mantas, y el caucho duro se usa para las carcasas de teléfonos, piezas de aparatos de radio, medidores y otros instrumentos eléctricos. El coeficiente de rozamiento del caucho, alto en superficies secas y bajo en superficies húmedas, se aprovecha para correas de transmisión y cojinetes lubricados con agua en bombas para pozos profundos.

Nota:

- Información extractada de fichas técnicas elaboradas por el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho. 1995.
- Comportamiento de artículos de caucho, Grupo Cauchero Colombiano. Santa fe de Bogotá. 1991.
- Departamento Técnico Empaquetaduras y Empaques S.A Última actualización, Agosto de 2001.