



Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Seguridad
Laboral e Higiene Ambiental

**“Programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido
en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario
de la planta de cemento Holcim Costa Rica”**

Diana Melissa Miranda Brenes

2017042397

Cartago

2023

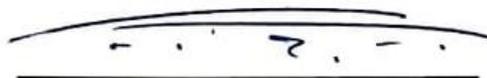


Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

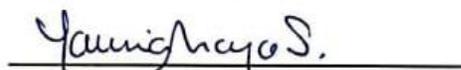
Constancia de defensa pública

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

Miembros del Tribunal



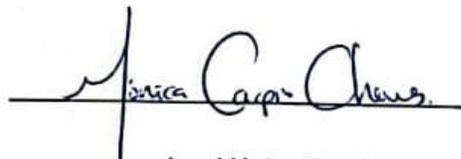
Ing. Andrés Robles Ramírez
Asesor académico



Ing. Tannia Araya Solano
Profesora Evaluadora



Ing. María Gabriela Hernández Gómez
Profesora Evaluadora



Ing. Mónica Carpio Chaves
Coordinadora de Trabajo Final de Graduación
En representación de la Dirección EISLHA

15 de junio, 2023

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mi papá Adolfo, mi mamá Adriana y a mi hermana Tiffany, quienes desde el día uno me han dado su apoyo y acompañamiento incondicional, quienes han hecho lo posible para que llegue a concluir esta etapa.

¡Gracias por haberme dado la oportunidad de estudiar y de creer en mí!

Agradecimientos

Quiero agradecerle a la vida por darme una familia incondicional, una que siempre me impulsó y me motivó a terminar con éxito esta etapa.

Agradecer al Tecnológico de Costa Rica, por abrirme sus puertas para estudiar una carrera que me ha hecho abrir los ojos y ver las cosas desde ángulos distintos, sin cerrarme a una sola percepción.

A mis amigos/as de la vida Marilyn G, Valeria V, Gabriel O, Gerald E y Daniela M. A mis colegas Valery J, Fiorella M, Valeria Á, Karina S, Moisés E, Sofía R, Jennifer G y María Laura O, a todos ustedes, porque hicieron que este proceso fuera más ameno, nada hubiera sido lo mismo sin su acompañamiento, motivación y compañerismo.

Gracias por tanto durante todos estos años, los quiero mucho.

Agradecerle a Alejandro T, por su apoyo, motivación y compañía durante todos estos años, especialmente en el cierre del proceso.

A mi profesor asesor Ing. Andrés Robles, por su acompañamiento y paciencia en este cierre del proceso, por escucharme y aconsejarme cuando más lo necesité.

Agradezco enormemente a Holcim Costa Rica por la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación en sus instalaciones, a mi asesora industrial Silena Oviedo, por enseñarme tanto todos los días, por hacerme sentir parte del equipo y por creer y confiar en mí. Al Departamento de Proyectos, especialmente a don Rogelio quien me transmitió diariamente de su conocimiento y siempre estuvo dispuesto a ayudarme.

Gracias Proyectos por abrirme las puertas y permitirme ser parte de su equipo, por ayudarme a crecer como persona y profesional.

A Natalia C por enseñarme, guiarme y recibirme en campo todos los días y a Danny V, por haberme acompañado durante las mediciones cuando necesité de su ayuda.

Por último, a mi fiel compañero Balú. Estuvo ahí en muchas de mis desveladas y en mis momentos de crisis.

RESUMEN

Holcim Costa Rica es una empresa ubicada en Agua Caliente de Cartago, la cual se dedica a la producción de diferentes tipos de cemento, involucrando procesos de quebradura de la materia prima y la molienda de esta, en los que se requieren de máquinas y equipos, que emiten ruido.

Las áreas fueron caracterizadas gracias a la metodología de la medición puntual de la fuente, para así conocer los niveles de presión sonora (NPS). Con respecto al área de molienda, la fuente más crítica se presentó en el Molino Horomill, con valores entre los 87,1 dB(A) y los 98,9 dB(A), la segunda fuente crítica identificada fue en el Molino 3, con NPS entre los 84,38 dB(A) y los 96,59 dB(A); por último, el Molino Crudo, con NPS entre los 87,4 dB(A) y los 92,5 dB(A). Cabe mencionar que el Quebrador Primario posee altos NPS entre los 92,1 dB(A) y los 101,9 dB(A).

Con respecto a las audiodosimetrías, se utilizó la metodología de la jornada completa, evaluando la exposición personal a ruido de cuatro trabajadores del área de molienda. Gracias a esto, se logró concluir que los mismos se encuentran sobre expuestos, ya que el nivel de exposición personal a ruido diario superó los 87 dB(A).

Por lo tanto, se generan alternativas de solución ingenieriles (encerramientos y barreras acústicas) y soluciones administrativas para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido. Además, se estableció un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido, el cual contiene aspectos de evaluación de niveles de presión sonora, audiometrías, identificación de peligros, capacitación para el conocimiento del personal sobre la importancia y cuidado del oído, responsables y recursos necesarios.

Palabras claves: ruido, exposición ocupacional, niveles de presión sonora

ABSTRACT

Holcim Costa Rica is a company located in Agua Caliente de Cartago, which is dedicated to the production of different types of cement, involving processes of breaking the raw material and grinding it that requires machines and equipment which emit noise.

The areas were characterized thanks to the methodology of point measurement of the source, to know the sound pressure levels (NPS). Regarding the grinding area, the most critical source was in the Molino Horomill, with values between 87,1 dB(A) and 98,9 dB(A), the second critical source was Molino 3, with NPS between 84,38 dB(A) and 96,59 dB(A); finally, Molino Crudo, with NPS between 87,4 dB(A) and 92,5 dB(A). It is worth mentioning that the Quebrador Primario has high NPS between 92,1 dB(A) and 101,9 dB(A).

Regarding the audiodosimetry, the full-time methodology was used, evaluating the personal exposure to noise of four workers in the grinding area. Thanks to this, it was possible to conclude that they are overexposed, since the level of personal exposure to daily noise exceeded 87 dB(A).

Therefore, alternative engineering solutions (enclosures and acoustic barriers) and administrative solutions were generated to improve the conditions of occupational exposure to noise. In addition, a program to improve the conditions of occupational exposure to noise was established which contains aspects of evaluation of sound pressure levels, audiometry, identification of dangers, training for the knowledge of personnel on the importance and care of hearing, responsible and necessary resources.

Key words: noise, occupational exposure, sound pressure level

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
A.	Identificación de la empresa	1
B.	Planteamiento del problema	4
C.	Justificación del proyecto	5
D.	Objetivos	7
E.	Alcance y limitaciones	7
II.	MARCO TEÓRICO	9
III.	METODOLOGÍA	13
A.	Tipo de investigación.....	13
B.	Fuentes de información	13
C.	Población y muestra.....	15
D.	Operacionalización de variables.....	17
E.	Descripción de las herramientas de investigación	24
F.	Plan de análisis	31
IV.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	35
A.	Identificación de las condiciones actuales y factores influyentes de la exposición a ruido 35	
B.	Caracterización de los niveles de presión sonora del área de molienda y Quebrador Primario.....	39
C.	Evaluación de la exposición personal a ruido en el área de molienda	48
D.	Conclusiones.....	50
E.	Recomendaciones.....	51
V.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	52
A.	Controles ingenieriles	52
B.	Controles administrativos	63
VI.	BIBLIOGRAFÍA	69
VII.	APÉNDICES	74
VIII.	ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica, Holcim Costa Rica.....	2
Figura 2. Plan de análisis del proyecto.....	32
Figura 3. Porcentaje confort acústico percibido por los trabajadores.....	37
Figura 4. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Horomill Piso 1	40
Figura 5. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Horomill Piso 1.5	40
Figura 6. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Crudo Piso 1	42
Figura 7. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino 3 Piso 1	43
Figura 8. NPS de la medición puntual de la fuente del Quebrador Primario Piso 1	44
Figura 9. Barrido de frecuencias en puntos críticos por fuente	45
Figura 10. Molino Horomill	52
Figura 11. Encerramiento metálico actual del piñón-corona	55
Figura 12. Encerramiento del piñón-corona con lámina de roca.....	56
Figura 13. Cabina acústica Molino Horomill	58
Figura 14. Brazo articulado derecho del molino	59
Figura 15. Placa de yeso acústica.....	61
Figura 16. Pantalla acústica móvil de membrana	61
Figura 17. Micrófono adaptable a radio de comunicación	64
Figura 18. Orejeras 3M PELTOR X4P5E	65
Figura 19. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidad de colaboradores según departamento y horario de jornada laboral ..	3
Cuadro 2. Zonas seleccionadas para las mediciones de ruido en la planta de cemento Holcim Costa Rica.	16
Cuadro 3. Resumen de metodología implementada en la medición de la exposición a ruido	17
Cuadro 4. Operacionalización de variables del primer objetivo específico	18
Cuadro 5. Operacionalización de variables del segundo objetivo específico.....	21
Cuadro 6. Operacionalización de variables del tercer objetivo específico.	22
Cuadro 7. Operacionalización de variables del cuarto objetivo específico.....	23
Cuadro 8. Situación actual de la exposición de la fuente a ruido según informes del 201735	
Cuadro 9. Situación actual de la exposición personal a ruido en el departamento de producción según el informe del 2017	36
Cuadro 10. Constante del local del área de molienda y Quebrador Primario	46
Cuadro 11. Matriz comparativa entre lo NPS obtenidos por fuente y lo requerido.....	47
Cuadro 12. Exposición personal a ruido de los colaboradores operativos del área de molienda	48
Cuadro 13. Matriz comparativa entre lo obtenido en la evaluación personal a ruido, lo requerido y posibles controles	49
Cuadro 14. Componentes y costos de las alternativas de solución ingenieriles	53
Cuadro 15. Propuesta de recubrimiento acústico dentro del encerramiento del piñón-corona del Molino Horomill	54
Cuadro 16. Dimensiones de encerramiento del piñón-corona para colocación de lana de roca	55
Cuadro 17. Pérdida de transmisión acústica	56
Cuadro 18. Propuesta de cabina acústica del Molino Horomill.....	57
Cuadro 19. Pérdida de transmisión acústica en la cabina acústica del Molino Horomill ...	58
Cuadro 20. Propuesta de pantalla acústica móvil con membrana acústica para el brazo articulado del Molino Horomill	60
Cuadro 21. Dimensiones de la pantalla acústica para el brazo articulado del Molino Horomill	62
Cuadro 22. Criterio de selección para las alternativas de solución del Molino Horomill....	62
Cuadro 23. Matriz comparativa entre las alternativas de solución	62
Cuadro 24. Componentes y costos de las alternativas de solución administrativas	64
Cuadro 25. Características de orejeras 3M PELTOR X4P5E	65
Cuadro 26. Características de orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus.....	66

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la empresa

El proyecto se desarrolló en Holcim Costa Rica, empresa que posee distintas plantas, tanto para la fabricación de cemento como para el coprocesamiento de residuos, canteras de extracción de materia prima y franquicia de ferreterías. Es desde el año 1964 que Holcim Costa Rica se encuentra en el país y pertenece a la multinacional Suiza que fabrica materiales de construcción, con presencia en más de 70 países alrededor del mundo (Holcim Costa Rica, 2022).

1. Visión y misión

a) Visión

“Ser la empresa más respetada y atractiva de nuestra industria, creando valor para todos nuestros clientes, colaboradores, accionistas y comunidades en las que operamos” (Holcim Costa Rica, 2022).

b) Misión

“Construir los cimientos para el futuro de la sociedad” (Holcim Costa Rica, 2022).

2. Antecedentes históricos

Fue en el año 1964 después de la inauguración de la planta ubicada en Agua Caliente de Cartago, que inicia la producción de cemento en el país. Para ese entonces, se creó el primer saco de cemento bajo el nombre de la empresa “Industria Nacional de Cemento”, la cual fue fundada por un grupo de costarricenses. Actualmente este grupo de emprendedores tiene como accionista a Grupo Holcim, los cuales mantienen su planta de coprocesamiento en el mismo lugar.

3. Ubicación geográfica

La planta de cemento Holcim Costa Rica se encuentra ubicada en Agua Caliente de Cartago, 5 km al Sur de los Tribunales de Justicia, 231, Cartago, Costa Rica, como se observa en la figura 1.

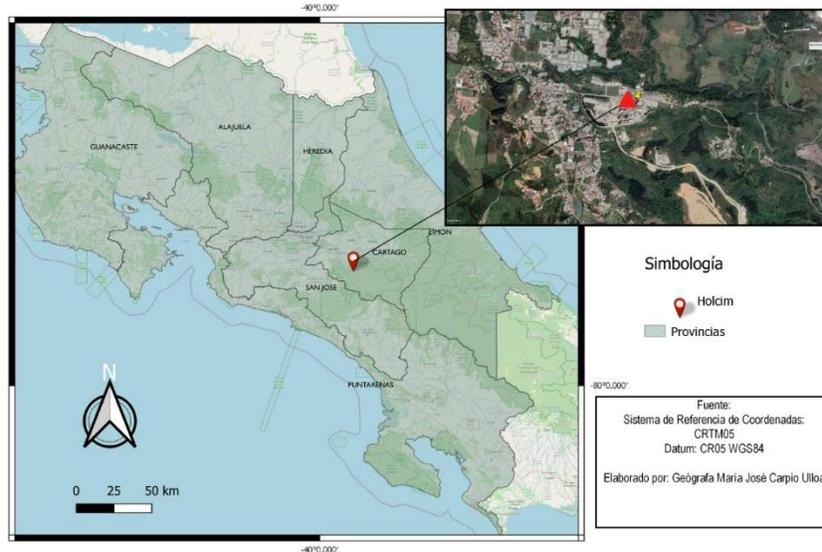


Figura 1. Ubicación geográfica, Holcim Costa Rica

Fuente: Geógrafa María José Carpio Ulloa, 2021

4. Organigrama de la organización

En el apéndice 1 se muestra el organigrama de la empresa, la cual se encuentra dividida en los siguientes seis grandes departamentos: materias primas, producción, mantenimiento, ambiente, salud y seguridad y recursos humanos.

5. Cantidad de colaboradores

La empresa Holcim Costa Rica posee un total de 256 trabajadores, la jornada de estos va a depender del departamento para el que laboren y si laboran en la planta de cemento o es parte de sus agregados. Únicamente el personal de producción y materias primas trabaja en tres diferentes turnos, de 6:00 a.m. a 2:00 p.m., 2:00 p.m. a 10:00 p.m. y de 10:00 p.m. a 6:00 a.m., mientras que el resto del personal posee un único turno de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. Lo anterior se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de colaboradores según departamento y horario de jornada laboral

Departamento	Cantidad de colaboradores	Jornada laboral
Materias primas	24	Lunes a domingo 6:00 a.m. a 2:00 p.m., 2:00 p.m. a 10:00 p.m. y de 10:00 p.m. a 6:00 a.m.,
Recursos humanos	1	Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.
Producción	27	Lunes a domingo 6:00 a.m. a 2:00 p.m., 2:00 p.m. a 10:00 p.m. y de 10:00 p.m. a 6:00 a.m.
Mantenimiento (preventivo, eléctrico y mecánico)	39	Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.
Seguridad y Salud (H&S)	3	Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.
Ambiente	3	Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.

Para este proyecto, se tomó en cuenta a una muestra del personal de producción para las mediciones de exposición ocupacional.

6. Mercado

Holcim Costa Rica busca abastecer el mercado nacional por medio de distintas soluciones para la construcción, adecuadas a cada necesidad. Para cumplir con esto, la empresa posee canteras para la extracción de la materia prima, una planta para la fabricación de cemento, una planta para el coprocesamiento de residuos (Geocycle) y ferreterías franquiciadas (bajo el nombre de Disensa) (Holcim Costa Rica, 2022).

El objetivo primordial de la empresa es la producción de tres tipos de cemento. El primer tipo de cemento es el Cemento Fuerte, el cual se recomienda para preparar concretos y morteros de uso general (vigas, columnas, cimientos, losas, aceras, repello de paredes, entre otros); mientras que, el segundo tipo es el Cemento Industrial, recomendado para construcciones industriales de mayor resistencia y durabilidad (resistentes a la agresión, estructuras prefabricadas y concretos premezclados e impermeables). Por último, se encuentra el Cemento Multibase, recomendado para la estabilización de suelos y materiales granulares (áreas de ingreso, parqueos, empacadoras, caminos peatonales, vehiculares y agroindustriales) (Holcim Costa Rica, 2022).

7. Proceso productivo y productos

Cómo se puede observar en el apéndice 2, el proceso de la fabricación del cemento inicia con la extracción de la materia prima, la cual suele ser mineral como la arcilla, piedra caliza, entre otros. Este proceso de extracción se realiza por medio de métodos de

perforación y voladura controlada; es decir, explosiones limitadas para así evitar el exceso del rompimiento deseado (Carrillo, 2003). Cabe mencionar que, este procedimiento de la materia prima se realiza en la mina de Holcim Costa Rica, para luego ser llevada a la planta de cemento.

En la planta, se procede a introducir la materia prima en el quebrador primario, para así iniciar el proceso de la trituración y lograr una reducción en su tamaño inicial. Una vez que se redujo el tamaño de los minerales, el proceso continúa con la pre-homogenización, la cual busca lograr una uniformidad en el tamaño y variabilidad. Concluido el proceso anterior, el material es transportado por medio de ductos que conducen al molino, para así iniciar la molienda y convertirlo en polvo, el cual es llamado como crudo.

El crudo es transportado en dirección al horno por medio de una torre, para así ser inyectado al mismo. Este crudo empieza a cambiar sus propiedades y a cocinarse debido a la alta temperatura a la que es sometido, alrededor de los 1200 °C y a las distintas reacciones químicas. Una vez finalizado el proceso en el horno, el resultado es el clinker, el principal componente del cemento, el cual necesita disminuir su temperatura por lo que es transportado al enfriador, donde se reduce su temperatura en más de un 50 %.

Una vez que se da la reducción de temperatura del clinker, se transporta el material hasta llegar a los filtros electrostáticos, los cuales tienen la finalidad de eliminar ciertas impurezas. Al finalizar el proceso anterior, el clinker viaja hasta el segundo molino, donde se le agregan aditivos, yeso, puzolana, entre otros, y así el producto final, el cemento. Dicho cemento puede ser vendido a granel, o bien, se almacena en un silo para iniciar el proceso de empaquetado de los sacos y finalizar en la distribución de estos en el Centro de Paletizado (CEPAL).

Para este proyecto, se tomaron en cuenta dos grandes etapas, la introducción de la materia prima en el quebrador primario para el proceso de trituración y el proceso de la molienda.

B. Planteamiento del problema

En la planta de cemento, Holcim Costa Rica se realiza la producción del cemento, desde la extracción de materia prima hasta la distribución del producto final. Dichos procesos no están exentos de la generación de ruido, debido a la composición y principio

de funcionamiento de algunas máquinas y equipos que se utilizan a lo largo de los procesos, generando ruido constante y en algunos casos variable.

Holcim Costa Rica es una empresa que cuenta con un programa de evaluación de agentes físicos, en el cual se realizan mediciones de exposición ocupacional a ruido como parte de su programa de salud y seguridad en el trabajo. La organización realizó su última medición de ruido en el año 2017, donde el área de molienda y el Quebrador Primario registraron los niveles de presión sonora más altos. Específicamente, el Molino Horomill registró valores entre los 80,9 dB(A) y 101,8 dB(A), Molino Crudo valores entre 79,9 dB(A) y 90 dB(A), el Molino 3 registra 81,7 dB(A) y 98,7 dB(A), mientras que el Quebrador Primario registró valores entre 74,5 dB(A) y 99,9 dB(A).

Además, en ese mismo año se realizaron mediciones personales a los colaboradores del departamento de producción, los cuales laboran en el área de molienda. Los niveles de presión sonora personales rondaron entre los 81,5 dB(A) y 124,7 dB(A). Cabe mencionar que todos estos registros superaron el nivel de acción establecido por la empresa a nivel mundial en el estándar HSS-203 Conservación Auditiva, el cual es de 82 dB(A).

Según lo mencionado anteriormente, al no cumplir con el estándar establecido por la empresa, la planta de cemento puede verse sometida a amonestaciones económicas y demandas por parte del personal que labora en las instalaciones.

C. Justificación del proyecto

La exposición a ruido en el trabajo se puede tornar perjudicial para la persona en aspectos de salud, tanto en lo físico, mental como social. Según la Organización Internacional del Trabajo (2022), el ruido también puede interferir en la comunicación que hay en el trabajo o a la hora de comprender los avisos, así mismo, se puede reducir la percepción que tiene una persona sobre lo que ocurre a su alrededor.

Sondel (2022) comenta que, las ocupaciones que presentan mayor prevalencia en la exposición a ruido ocupacional se encuentran ubicadas en las áreas de producción, construcción, extracción, instalación, mantenimiento y reparación. Holcim Costa Rica es una empresa que cuenta con la mayoría de las áreas mencionadas anteriormente, en donde se generan sonidos no deseados, los cuales están catalogados como ruido industrial. Lo

anterior como consecuencia del funcionamiento de las máquinas existentes en los procesos productivos (Ganime et al., 2010).

En Holcim Costa Rica, el departamento de producción es uno de los más afectados por la exposición a ruido según informes anteriores. Los colaboradores pertenecientes a dicho departamento registraron niveles sonoros continuos equivalentes que superan los 100 dB (A). El personal de este departamento realiza labores como, operadores de sala, limpieza en molinos, revisión de bandas de retorno, revisiones periódicas de funcionamiento de las máquinas, uso de herramientas manuales como esmeriles, mazos, trabajos de soldadura y con aire comprimido.

Cabe mencionar que, el Consejo de Salud Ocupacional (2021), indica que para el año 2021 en Costa Rica el deterioro de la audición causada por ruido se encontró en la lista de las principales enfermedades laborales por hombres y mujeres. Los daños en la salud van a depender del tiempo que permanezca la persona expuesta al ruido y de la intensidad de este. Si se da una exposición continua al ruido, es posible que la persona comience a presenciar zumbidos, timbres, cansancio, disminución de la capacidad auditiva, entre otros (Instituto Nacional de Seguros, 2013).

Además, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2018) afirma que, en Costa Rica el 20 % de los trabajadores industriales reportan pérdida auditiva y que más de 70 000 costarricenses presentan discapacidad auditiva de tipo recreativo o laboral. Esta condición se encuentra en la lista de las causas más frecuentes de consulta en los servicios médicos y la preocupación es cada vez mayor, debido al incremento de los daños auditivos.

Por otra parte, el Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones (2000) indica que no se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a los 90 dB(A) cuando se trabaja con ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor a los 85 dB(A) cuando se trata de ruidos continuos. Mientras que, mediciones anteriores realizadas por la empresa reflejan que, existen datos máximos de 111 dB(A) de exposición, los cuales corresponden a valores sumamente altos en periodos cortos de tiempo que sobrepasan lo establecido por la normativa según lo mencionado anteriormente.

Dicho Reglamento también menciona que, al no existir la posibilidad de disminuir a menos de 85 dB(A) el ruido en la organización se deberá de trabajar en una jornada diurna no mayor a las ocho horas y no mayor a las seis horas en jornada nocturna. Cabe mencionar

que en la planta existen jornadas laborales diurnas de ocho y diez horas diarias dependiendo del departamento.

En planta de cemento, alrededor de 60 personas son los que se ven mayormente expuestos a ruido, entre ellos 23 personas del Departamento de Producción. Dichos colaboradores laboran el 100 % de su jornada en la parte productiva de la empresa, en donde se encuentra todo el equipo y maquinaria necesario para llevar a cabo el producto final deseado.

D. Objetivos

1. Objetivo general

Proponer un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario de la planta de cemento Holcim Costa Rica.

2. Objetivos específicos

- a) Identificar las condiciones actuales y los factores influyentes en cuanto a temas relacionados con exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y Quebrador Primario.
- b) Caracterizar los niveles de presión sonora que se generan en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y Quebrador Primario.
- c) Evaluar la exposición personal a ruido de los trabajadores del departamento de producción.
- d) Diseñar un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y Quebrador Primario, que contemple controles ingenieriles y administrativos.

E. Alcance y limitaciones

1. Alcance

El proyecto buscó identificar, caracterizar y evaluar las condiciones de exposición a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario durante la jornada laboral de los trabajadores de la planta de cemento Holcim Costa Rica. Además, pretendió evaluar la

exposición personal de trabajadores del Departamento de Producción, quienes realizan sus labores en el área de molienda de la empresa. Lo anterior hizo proponer un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido, el cual involucra el diseño de controles ingenieriles para el Molino Horomill y administrativos para la planta en general, que sea accesible para empleados, contratistas y toda persona participante en los procesos de la empresa.

2. Limitaciones

Hay épocas del año en las que el sector de molienda está detenido por mantenimientos mayores que pueden tardar alrededor de 15 días, o bien, mantenimientos menores con paro de operaciones de días u horas, incluso puede estar apagado por la demanda del momento. Mientras que, en el Quebrador Primario, su acceso es restringido, por lo que únicamente se puede ingresar con personal autorizado.

A la hora de realizar las mediciones puntuales de la fuente en el Quebrador Primario y en el Molino 3, únicamente se tuvo la posibilidad de realizar dos días de medición por fuente y no tres según lo planeado. Esto debido a que, para ingresar al Quebrador Primario era necesario hacerlo con personal autorizado y este no se encontraba en la planta o sus labores no se lo permitían, mientras que en el Molino 3, el equipo se encontraba apagado por decisión del área de producción y su baja demanda.

Otra de las limitantes es la trazabilidad de los datos a analizar, ya que los equipos con los que cuenta la escuela no se encuentran debidamente calibrados. Lo anterior quiere decir que existe un margen de error en los valores que refleja el equipo.

II. MARCO TEÓRICO

El sonido, es una sensación percibida por el oído debida a las diferencias de presión producidas por la vibración de un cuerpo (Robles y Arias, 2015). Sin embargo, el sonido se puede convertir en ruido, el cual el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2022) define como, un sonido peligroso, molesto, inútil o desagradable, siendo el mismo subjetivo; ya que, todas las personas perciben el sonido y ruido de manera distinta.

El sonido se propaga en el aire gracias a la vibración de las moléculas provocando una variación en la presión atmosférica, denominada, presión sonora o presión acústica. Dicha presión es la medida básica de cuánta energía acústica puede producir una fuente sonora, la cual puede variar en el tiempo (Segués, 2007). Además, la presión sonora se encuentra ligada con la percepción del volumen y con la intensidad del sonido (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2022).

Cabe mencionar que, el nivel de presión sonora se mide en decibeles (dB), el decibelio posee una escala logarítmica (potencia de 10) y este es el resultado de la división de la presión sonora en pascales entre la presión sonora de referencia. Además, el sonido se ve caracterizado por la frecuencia, la cual relaciona espacio y tiempo y se define como los ciclos por segundo, con su unidad en Hertz (Hz) (Robles y Arias, 2015).

El oído humano es capaz de percibir el sonido entre los 20 Hz y 20000 Hz, rango que permite clasificar el sonido con frecuencias bajas, medias y altas. Las primeras hacen referencia a los sonidos graves, con un rango entre los 20-500 Hz, mientras que las medias hacen referencia a sonidos medios con un rango entre los 500-2000 Hz, y, por último, las frecuencias altas con característica de sonidos agudos que poseen un rango de 2000 a 20000 Hz (Robles y Arias, 2015).

Ahora bien, según la Asociación Médica Mundial (2007), el ruido es un factor estresante, siendo una carga para el cuerpo, que lo hace consumir más energía y a la vez, producir un desgaste. Dicho ruido puede clasificarse en tres tipos según la forma en la que este se presente, puede ser continuo, el cual hace referencia a un ruido constante e invariable, intermitente, ruido que se interrumpe o cesa y prosigue o se repite; y, por último, de impacto, siendo este un ruido que tiene su causa en golpes simples de corta duración (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2000).

Dicha clasificación va a depender de las tareas que se realicen en la organización o en el lugar asignado. Existen industrias que poseen niveles de presión sonora superiores a los 90 dB(A), por lo que se catalogan como, industrias de fabricación más ruidosas, entre ellas se encuentran las empresas dedicadas a la madera, textil, petróleo, productos químicos, maquinaria, construcción, entre otras (Suter, 2001). Sin embargo, se estima que en los países poco desarrollados los niveles de exposición a ruido sean mayores, debido a la falta de controles críticos (Suter, 2001).

Además, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés, 2012), menciona que, los trabajadores del cemento están expuestos a niveles que superan el límite de exposición recomendado por esta entidad el 67 % del tiempo.

Según este instituto, el valor límite de exposición (REL) para la exposición a ruido ocupacional en una jornada de ocho horas es de, 85 dB(A). Mientras que, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) mantiene un límite de exposición de 90 dB(A) en una jornada de ocho horas (Salazar-Ochoa, 2018).

Por otra parte, en Costa Rica el Decreto N° 10541-TSS (2016) establece que, dentro de los lugares de trabajo el ruido intermitente o de impacto no puede ser superior a los 90 dB(A), mientras que, para ruidos continuos, no se pueden superar los 85 dB(A) a menos de que se cuente con equipo de protección auditiva que atenúe la intensidad en 85 dB(A). También se menciona que, cuando se da una exposición por debajo de los 80 dB(A) en una jornada de ocho horas, el nivel de riesgo es muy bajo y se cataloga como alarma; por otra parte, si los niveles de exposición se encuentran en 82 dB(A) es momento de tomar acción por medio de medidas de prevención y, por último, hay un peligro de deterioro de la audición cuando se superan los 85 dB(A) en una jornada de ocho horas diarias (Robles y Arias, 2015).

A nivel industrial, el ruido es uno de los agentes físicos predominantes en el sector, siendo el más evaluado y estudiado en entornos laborales (Robles y Arias, 2015). El ruido está presente en todos los tipos de industrias debido al distinto funcionamiento de las máquinas y equipos. Según el proceso que se lleve a cabo en el lugar, así se pueden diversificar las exigencias acústicas, las cuales según Ganime et al., (2010) pueden ser mayores para las máquinas que se encuentran limitadas a la tecnología. Dichas máquinas suelen producir ruidos excesivos, más allá de los niveles tolerables por el ser humano.

Dicho exceso de ruido puede provocar daños a la salud tanto física como psicológica de las personas que se encuentran expuestas al mismo. El efecto más conocido y común a nivel laboral es el deterioro de la capacidad auditiva inducida por el ruido (Suter, 2001), llamada hipoacusia, que corresponde a la pérdida de la audición, la cual ocurre cuando el sonido entra al oído y empieza a generar daños en la parte interna y en el nervio, provocando que el sistema auditivo no funcione de manera normal (NIOSH, 2020). Se suele reconocer como una enfermedad, debido a que la pérdida de la audición no es instantánea, sino que es gradual.

Además, existen efectos secundarios en el sistema circulatorio, los cuales evidencian la alteración de los vasos sanguíneos con la disminución del diámetro de estos. De la misma forma, las personas suelen presentar taquicardias y alteración en la presión arterial, la cual puede ser baja o alta dependiendo del ser humano (Ganime et al., 2010). También existen efectos secundarios a nivel del sistema nervioso, algunas personas padecen de reflejos hiperactivos, alteraciones de personalidad, estrés, irritabilidad, hiperactividad, alteración del sueño, dolores de cabeza y respuestas repentinas (Flores Pilco, 2021).

Por otro lado, según Romero-Romero (2020), se suelen presentar problemas a la hora de comunicarse con las demás personas, debido a los altos niveles de ruido de fondo, puesto que el ruido disminuye la eficacia a la hora de utilizar el radio de comunicación, y el celular, los cuales utilizan para la comunicación con sus compañeros de trabajo. No solo esto, al existir ruido ambiental la comunicación oral se suele ver limitada, la mayoría de las personas deben de alterar su tono de voz y en ocasiones hasta gritar para poder ser escuchados, generando un enmascaramiento de la voz (Ganime et al., 2010).

Es importante mencionar que para conocer si un lugar o establecimiento seleccionado sobrepasa o posee los niveles de presión sonora según lo establecido por la ley, se debe utilizar un equipo especializado para poder realizar las mediciones en la fuente, el cual recibe el nombre de sonómetro. Dicho equipo suele medir e indicar los niveles de presión sonora y responde a las frecuencias como el oído humano las percibe (Hernández, 2012).

En caso de que se requiera realizar mediciones personales para conocer los niveles de presión sonora que recibe una persona en su puesto de trabajo o a lo largo de la jornada, se utilizan los audiodosímetros, el cual posee un micrófono que se coloca cerca del oído y

el resto del equipo en el cinturón del trabajador (Córdoba et al., 2016). Este tipo de equipo puede ser de lectura directa o indirecta (lectura con un tipo de *software* adicional), va a depender de las necesidades y objetivos de las mediciones (Gómez y Salinas, 2018).

Antes de realizar las mediciones con alguno o ambos de los equipos anteriormente mencionados, se vuelve indispensable conocer con claridad la metodología a implementar. Existen tres diferentes metodologías para realizar estas mediciones en el lugar:

1. Mapa de ruido: tiene como fin caracterizar la distribución de las ondas en un lugar por medio de división de cuadrantes según al área a estudiar.
2. Estudio de área por muestreo: especial para áreas extensas en las que no sea factible dividir por cuadrantes.
3. Medición puntual de la fuente: identificación de equipo o máquina problemática para realizar barrido por frecuencias.

Por otra parte, si se desea realizar mediciones de exposición ocupacional, existen tres diferentes metodologías:

1. Medición basada en la tarea: busca estimar el nivel sonoro equivalente en las tareas representativas independientes.
2. Medición basada en el puesto o función: para trabajadores que realizan diferentes tareas en su puesto de trabajo.
3. Medición de jornada completa: contempla la exposición a ruido y a los periodos tranquilos. Se recomienda cuando la exposición es compleja con ruido variable.

Según las estrategias anteriores, se pueden realizar mediciones ocupacionales a nivel de la fuente y personales, según las necesidades de la organización.

Gracias al análisis de los datos que se recopilen en la empresa se pueden aplicar controles con el objetivo de una reducción de los niveles de presión sonora, o bien, un mejoramiento de estos. Los controles pueden ser tanto ingenieriles, los cuales involucran el rediseño del equipamiento o del proceso (Zygth, 2022), como administrativos, definidos como controles que toma la administración con tal de reducir la exposición a algún agente (Organización Panamericana de la Salud, 2020) y pueden involucrar capacitación, señales, material de difusión, entre otros (Zygth, 2022).

Por consiguiente, para presentar dichos controles se utiliza la INTE: 31-09-09:2016 la cual brinda una guía y determina los requisitos mínimos que debe de incluir un programa.

III. METODOLOGÍA

A. Tipo de investigación

Este trabajo se clasifica como una investigación de tipo descriptiva, puesto que, se conoce qué se midió, en conjunto con sus variables y componentes. A su vez, se tiene entendimiento sobre qué se recolectaron los datos. Lo anterior evidencia que este tipo de estudio buscó caracterizar las tendencias del ruido en el área de molienda y Quebrador Primario y de la población del departamento de producción expuesta a ruido (Sampieri et al., 2014).

B. Fuentes de información

Para la elaboración de este proyecto, se hizo uso de diferentes fuentes de información tanto primarias, secundarias como terciarias, las cuales se muestran a continuación.

1. Fuentes primarias

- a) Estándar de la empresa:
 - LafargeHolcim. (2018). Conservación de la audición HSS-203.
- b) Repositorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR):
 - Granados, R. (2018). Programa de control de exposición a vibraciones en cuerpo-entero, a ruido y ergonómico en los operarios del Quebrador Ochomogo LTDA.
 - Rodríguez, A. (2022). Propuesta para un programa de prevención y conservación auditiva para la empresa Trading Blue Mountain.
 - Araya-Solano, T., y Villalobos-Rodríguez, A. (2020). Exposición ocupacional a ruido y vibraciones en cuerpo entero en agricultores de la Zona Norte de Cartago, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(4).
 - Chavarría, A. (2021). Programa de Prevención y Conservación Auditiva para los Trabajadores de la planta de producción de ByC Exportadores del Valle de Ujarrás S.A.
 - Vega-Ramírez, T. (2022). Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionado con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish de la empresa Brightpoint Costa Rica.

- Salazar-Ochoa, J. (2018). Estudio exploratorio de las condiciones de ruido en el departamento de envasado de Industrial de Oleaginosas Americanas SA (INOLASA).
- c) Repositorio Universidad Nacional (UNA):
- Robles, A., y Arias, E. (2015). Metodologías de Evaluación: Exposición Ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos; módulo exposición ocupacional a ruido.
- d) Trabajos finales de graduación internacionales:
- Maldonado-Males, E. (2017). Evaluación de emisiones de ruido en la fuente y casos concretos de mitigación en una cementera ecuatoriana.
 - Worgenchaffe-García, O. (2016). Evaluación de puestos sometidos a altas temperaturas, ruido y polvo en el ambiente en una industria cementera.
- e) Libros:
- Cortés, R. R. N. (2013). *Guía práctica para el análisis y la gestión del ruido industrial*. Fremap.
 - Hearing Conservation. OSHA 3074.
- f) Entrevistas semiestructuradas aplicadas a personal competente en el área deseada.

2. Fuentes secundarias

- a) Normativa nacional:
- Gobierno de la República. Decreto N° 10541-TSS. Reglamento para el control de ruidos y vibraciones. Pub, L. No. 10541- TSS. (2016).
- b) Normativa internacional:
- Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido a partir de la intensidad del sonido. Parte 1: Medición en puntos discretos. ISO 9614-1:1993
 - Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. NTP 270.
 - Acústica. Determinación de la exposición al ruido ocupacional. Método de ingeniería. INTE/ISO 9612:2016.
 - Acústica. Estimación de la pérdida auditiva inducida por el ruido. INTE/ISO1999:2019.
 - Salud y seguridad en el trabajo. Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo. INTE 31-09-09:2016

c) Bases de datos de la biblioteca José Figueres Ferrer:

- Science Direct
- Google Académico
- Springerlink
- PubMed
- Elsevier
- EBSCO

3. Fuentes terciarias

a) Páginas Web:

- Instituto Internacional del Trabajo (OIT)
- Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Consejo de Salud Ocupacional (CSO)
- Organización Panamericana de la Salud (OPS)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)

b) Revistas científicas:

- Facultad Nacional de Salud Pública
- Cogitare Enfermagem
- Salud Pública
- Scielo
- Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública
- Ciencias de la salud
- Enfermería Global
- Dialnet

C. Población y muestra

Para la selección de las áreas sometidas a análisis de la exposición ocupacional a ruido, se tomaron en cuenta las mediciones que la empresa realizó en el año 2017. Tanto el área de molienda como el Quebrador Primario presentaron niveles de presión sonora mayores a los 85 dB(A) y 90 dB(A). Por lo tanto, la empresa deseaba conocer si las condiciones se mantenían con las identificadas en el estudio anterior

Una vez seleccionadas las áreas sometidas a análisis, se realizaron mediciones puntuales de la fuente de las máquinas y equipos que generan el ruido. Esta metodología permite estimar el patrón de emisión de ruido; es decir, identificar los niveles de presión sonora (NPS) y a su vez, establecer oportunidades de control localizadas.

Para la realización del proyecto, en el cuadro 2 se muestran las zonas de la planta que fueron seleccionadas para realizar la medición de la exposición puntual de la fuente a ruido.

Cuadro 2. Zonas seleccionadas para las mediciones de ruido en la planta de cemento Holcim Costa Rica.

Área	Zona específica
Molienda	Molino Horomill
	Molino Crudo
	Molino 3
Quebrador	Quebrador primario

En este caso, se realizaron mediciones por día durante tres días en cada una de las zonas específicas seleccionadas. El ruido que generan dichas máquinas y equipos es de tipo constante, por lo que las mediciones se efectuaron de manera aleatoria durante la jornada laboral.

Con respecto a las mediciones personales, la metodología que se implementó es la medición de la jornada completa, involucrando tres días de medición por persona. Lo anterior debido a que, la exposición a ruido de los participantes es compleja, las personas no poseen un puesto fijo, si no que, realizan distintas tareas a lo largo de su jornada y en los distintos sectores del área de molienda. Estas actividades suelen ser las mismas durante toda la semana, pero no en el mismo orden o secuencia.

Se realizaron mediciones a cuatro personas del área de producción; ya que, estos ejecutan sus labores en el área de molienda, se desplazan a realizar diferentes tareas y actividades entre los molinos, Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3. Estos colaboradores laboran en turnos distintos, por lo que se hicieron evaluaciones diurnas, nocturnas y mixtas.

La norma INTE/ISO 9612. Estrategia de Jornada Completa indica que, mínimo se deben realizar tres días de medición por cada una de las personas. Es decir, se analizaron 12 jornadas completas en total; incluso, la norma afirma que, si los tres días muestreados poseen una diferencia de 3 dB(A), se deben medir dos días adicionales por persona como mínimo; sin embargo, esto no sucedió en este proyecto.

En el cuadro 3, el cual se muestra a continuación, presenta un resumen de la metodología implementada.

Cuadro 3. Resumen de metodología implementada en la medición de la exposición a ruido

Objetivo	Metodología	Población	Muestra	Método de muestreo
Caracterizar los niveles de presión sonora que se generan en el área de molienda y Quebrador Primario.	Medición puntual de la fuente por tres días, dos veces al día, mañana (a.m.) y tarde (p.m.)	Área de molienda y Quebrador Primario	Molino Horomill, Molino Crudo, Molino 3 y Quebrador Primario	No probabilístico, a conveniencia solicitado por la empresa
Evaluar la exposición personal a ruido de los trabajadores del área de producción.	Medición de la jornada completa durante tres días por cada colaborador, tomando en cuenta que de diferir los resultados en 3 dB(A), se deberán medir como mínimo dos jornadas adicionales.	Personal de producción	4 personas, totalidad de las personas de producción que trabajan en el área de molienda	No probabilístico, a conveniencia

D. Operacionalización de variables

Con respecto a la operacionalización de las variables, se propone el objetivo, variables, conceptualización, indicadores y herramientas. Lo anterior se evidencia en los cuadros 4, 5, 6 y 7 según el primero, segundo, tercero y cuarto objetivo específico del proyecto, respectivamente.

Cuadro 4. Operacionalización de variables del primer objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas
<p>Identificar las condiciones actuales y los factores influyentes en cuanto a temas relacionados con exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y quebrador primario.</p>	<p>Condición actual de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario</p>	<p>Estado o situación en el que se encuentra la exposición de la fuente a ruido en la realización de las actividades diarias</p>	<p>Cantidad de pisos y zonas problemáticas a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario</p>	<p>Informe y planos de la evaluación de exposición a ruido realizada por la empresa en el año 2017</p>
			<p>Cantidad de promedios de los niveles de presión sonora por zona que sobrepasaron los 85 dB(A)</p>	
	<p>Factores influyentes de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario</p>	<p>Aspectos que intervienen, determinan y/o se relacionan con la exposición ocupacional a ruido</p>	<p>Cantidad de personas muestreadas a exposición a ruido en el área de producción</p>	<p>Informe de audiodosimetrías realizadas por la empresa</p>
			<p>Cantidad de promedios de los niveles de presión sonora por zona que sobrepasaron los 85 dB(A)</p>	
			<p>Cantidad, tipo de material con el que están hechas las instalaciones, las máquinas, equipos y sus dimensiones</p>	<p>Entrevista semiestructurada al encargado de mantenimiento de la planta, sobre el mantenimiento y fabricación de las instalaciones y las máquinas</p>
			<p>Cantidad de mantenimientos (preventivo y correctivo) de las instalaciones y de las máquinas y equipos</p>	
<p>Cantidad y tipo de equipo de protección personal auditiva</p>	<p>Entrevista semiestructurada a la coordinadora de H&S</p>			

			Cantidad de trabajadores del área de producción de la planta de cemento que utilizan protección auditiva	
			Cantidad de horas y días de trabajo por colaborador según puesto	
			Cantidad de turnos de trabajo	
			Cantidad de audiometrías realizadas en los últimos 2 años	Entrevista semiestructurada a la doctora del consultorio médico
			Cantidad de incapacidades relacionadas a la exposición a ruido	
			Porcentaje de confort acústico de los trabajadores del área de molienda	Cuestionario sobre el confort acústico percibido por los trabajadores del área de molienda en sus actividades diarias
		Estado o situación actual del recurso para la implementación del programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario	Cantidad de personal disponible para la implementación del programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario	Encuesta semiestructurada a la coordinadora de H&S
			Cantidad de capacitaciones impartidas por la empresa relacionadas a ruido para todo el personal	

			<p>Cantidad de tiempo disponible para la implementación y seguimiento del programa del mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario</p>	
			<p>Presupuesto disponible para la implementación y seguimiento del programa del mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario</p>	

Cuadro 5. Operacionalización de variables del segundo objetivo específico.

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas
Caracterizar los niveles de presión sonora que se generan en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y Quebrador Primario.	Niveles de presión sonora en el área de molienda y Quebrador Primario	Intensidad del sonido presente en las zonas de molienda y Quebrador Primario	Cantidad de zonas a muestrear	<ul style="list-style-type: none"> • Bitácora de muestreo por zona
			Niveles de presión sonora	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de la medición puntual de la fuente
			Patrón de emisión de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de análisis de NPS
			Puntos críticos de las fuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz comparativa entre los NPS por fuente obtenidos y lo requerido por normativa nacional
			Frecuencias predominantes	<ul style="list-style-type: none"> • Barrido de frecuencias
			Constante del local	Ecuación de la constante del local
			Nivel de cumplimiento de la empresa con respecto a la exposición a ruido según Decreto N° 10541-TSS	Decreto N° 10541-TSS

Cuadro 6. Operacionalización de variables del tercer objetivo específico.

Objetivo	Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas
<p>Evaluar la exposición personal a ruido de los trabajadores del área de producción.</p>	<p>Niveles de exposición personal a ruido</p>	<p>Niveles de exposición a ruido a los que se encuentran expuestos los trabajadores del departamento de producción, área de molienda</p>	<p>Cantidad de jornadas muestreadas por trabajador</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bitácora de muestreo por trabajador y por día • Metodología INTE/ISO 9612. Estrategia de jornada completa
			<p>Porcentaje de dosis sonora en la jornada completa del trabajador</p>	
			<p>Nivel de cumplimiento de la empresa con respecto a la exposición a ruido según Decreto N° 10541-TSS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto N° 10541-TSS • Matriz comparativa entre lo obtenido vs lo requerido por normativa nacional y estándar de la empresa

Cuadro 7. Operacionalización de variables del cuarto objetivo específico.

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas
Diseñar un programa con alternativas de solución para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y quebrador primario, que contemple controles ingenieriles y administrativos.	Controles ingenieriles	Buscan realizar, implementar o mejorar el diseño de manera directa en la fuente con ayuda de la tecnología	Porcentaje de propuestas para el mejoramiento de la exposición	Métodos de control de ruido (pantallas, y recubrimientos) para el Molino Horomill
	Controles administrativos	Controles administrativos, relacionados a cambios desde la organización y planeación de las jornadas laborales	Cantidad de modificaciones en la organización requeridas para la implementación del programa	Matriz comparativa del estado de los controles, actuales y propuestos
	Programa para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido	Herramienta que contempla procesos, actividades, tareas, recomendaciones a seguir para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido	Cantidad de requerimientos para la propuesta del programa	INTE: 31-09-09:2016. Salud y seguridad en el trabajo. Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo
			Cantidad de personas responsables de la implementación del programa	Matriz de asignación de responsabilidades (matriz RACI)
			Cantidad de actividades y tareas a implementar para el mejoramiento y reducción de los NPS	
			Cantidad de tiempo para el desarrollo del programa	

E. Descripción de las herramientas de investigación

A continuación, se detallan las herramientas que fueron utilizadas para el cumplimiento de los objetivos específicos según lo mostrado en la operacionalización de variables.

1. Objetivo: Identificar las condiciones actuales y los factores influyentes en cuanto a temas relacionados con exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y quebrador primario.

En el primer objetivo específico se definieron dos variables, cuyas herramientas se explican de seguido

Condición actual de a exposición de la fuente a ruido

1.1 Informes y planos de la evaluación de exposición a ruido realizada por la empresa

La empresa ha realizado mediciones de ruido años anteriores, por lo que, se solicitan específicamente los del año 2017, para así corroborar cuál es la cantidad de pisos y zonas más problemáticas, cantidad de resultados anteriores y para conocer la cantidad de promedios de los niveles de presión sonora que sobrepasan los 82 dB(A) según cada área.

Dichos informes poseen un apartado de planos con las gráficas de los edificios y las zonas con los lugares específicos que fueron sometidos a medición. Para comprender los planos, se realizó un recorrido por la planta para conocer las edificaciones y las principales zonas problemáticas para replicar los puntos de medición.

Condición actual de la exposición personal a ruido

1.2 Informes de audiodosimetrías realizadas por la empresa

La empresa no solo contempló las mediciones de ruido en toda la planta, si no que, se realizaron mediciones de la exposición ocupacional a ruido, donde se muestrearon alrededor de 38 personas trabajadoras en la planta. Dicho informe muestra el puesto de la persona, la hora de inicio y hora de finalización, la duración de la jornada, el nivel sonoro continuo equivalente y una pequeña descripción de las actividades en las que se desempeñaron las personas a lo largo del día.

Por lo tanto, se utilizó dicho informe para obtener nombres de las personas del área de producción que fueron sometidos a mediciones.

Factores influyentes de la exposición ocupacional a ruido

1.3 Entrevista semiestructurada al encargado de mantenimiento de la planta, sobre el mantenimiento y fabricación de las instalaciones y las máquinas

Dicha entrevista se puede consultar en el apéndice 3, la cual recopiló información sobre el material con el que se encuentran fabricadas las máquinas y equipos a las cuales se les realizaron las mediciones de ruido por fuente y a su vez, qué tipo de mantenimiento se le realizan a las mismas y su periodicidad. Este tipo de entrevista buscó rescatar a voz del sujeto entrevistado una entrevista a profundidad (Trindade, 2016).

1.4 Entrevista semiestructurada a la coordinadora de H&S

La entrevista semiestructurada se visualiza en el apéndice 4, la cual contó con distintos apartados como lo son, encabezado con datos de la empresa, fecha de aplicación, persona encargada de realizar la encuesta, datos generales, cantidad de trabajadores en la planta de cemento, cantidad de turnos de trabajo, cantidad de horas y días de trabajo de los colaboradores del área de molienda, cantidad y tipo de equipo de protección auditiva que utilizan los trabajadores.

La herramienta ha sido validada por la Ingeniera Karina Sánchez Solano, analista en Holcim Costa Rica.

1.5 Entrevista semiestructurada a la doctora del consultorio médico

La entrevista semiestructurada con la Doctora Katherine Maroto (ver apéndice 5), quien es la encargada del consultorio médico de la empresa, tuvo como objetivo realizar preguntas sobre la cantidad de audiometrías que se han realizado durante los últimos años y un resumen de estos.

La herramienta fue validada por la doctora María Angélica Navarro Ureña, Dra externa a la planta de cemento.

1.6 Cuestionario sobre el confort acústico percibido por los trabajadores en sus actividades diarias

Este cuestionario (ver apéndice 6) basado en el del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2021), “Cuestionario: Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico” (ver anexo 1), el cual considera secciones relevantes e importantes relacionadas en el presente proyecto. Dicho cuestionario tuvo como fin conocer la percepción sobre el confort acústico por parte de los trabajadores en la realización de sus actividades diarias.

1.7 Entrevista semiestructurada a la coordinadora de H&S

La entrevista con la Ingeniera Silena Oviedo Mora (ver apéndice 7) abarcó preguntas con respecto a las condiciones relacionadas a la implementación a futuro de un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario de la planta de cemento Holcim Costa Rica

Abarcó preguntas sobre la cantidad de personal disponible para la implementación, capacitaciones impartidas en años anteriores sobre el ruido, tiempo disponible para la implementación y seguimiento del programa y cantidad de dinero necesario para llevar en marcha dicho programa propuesto.

Esta herramienta fue validada por la analista de H&S para Holcim Costa Rica, la Ingeniera Karina Sánchez Solano.

2. Objetivo: Caracterizar los niveles de presión sonora que se generan en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y Quebrador Primario

2.1 Bitácora de muestreo por zona

La bitácora de muestreo (ver apéndice 8) es una herramienta con eficacia que permite una evaluación formativa de los aspectos relevantes (Barrios et al., 2012). Se utilizó dicha herramienta en las zonas a muestrear; es decir, funcionó para el área de molienda y sus tres sectores seleccionados, Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3 y el sector de Quebrador Primario. La bitácora incluyó, fecha, zona a muestrear, equipo utilizado, persona responsable y observaciones.

2.2 Metodología de la medición puntual de la fuente

Este tipo de metodología es ideal cuando se desea conocer los niveles de presión sonora puntual en una fuente determinada, se realizaron mediciones en cada zona seleccionada con el micrófono del sonómetro en dirección a la fuente, en decibeles (A) y con un barrido de frecuencias en el punto más alto de los NPS (Robles y Arias, 2015). En este caso, se aplicó dicha metodología durante tres días, dos veces al día, mañana y tarde en cada zona.

2.3 Ecuación de la constante del local

Esta ecuación fue ideal para conocer la capacidad del local para absorber el ruido por lo que se requirió de las dimensiones del local y de los materiales con los que este fue construido. A su vez, la ecuación permitió conocer si el local tenía predominancia de ondas directa o reflejadas. Se aplicó en el trabajo para en análisis de datos y así se determinó la frecuencia predominante para la selección de los materiales en las propuestas. Para la constante del local su ecuación es la siguiente:

$$R = \frac{\alpha_m * S}{1 - \alpha_m} \quad \text{Con: R: constante del local}$$

α_m : coeficiente medio de absorción

S: superficie total

2.4 Decreto N° 10541-TSS

Dicho decreto es un documento de acatamiento obligatorio a nivel país, ya que fue publicado por el Gobierno de la República de Costa Rica. Este incluye aspectos como, los niveles permisibles según la industria y según la clasificación del ruido con que se cuente, además de áreas permitidas para el establecimiento de industrias ruidosas, sanciones en caso de incumplimiento, entre otros. Se utilizó como referencia para conocer el nivel de cumplimiento entre lo que indica el decreto y lo que registra la empresa tanto en las mediciones puntuales de la fuente, como en las de exposición personal a ruido.

3. Objetivo: Evaluar la exposición personal a ruido de los trabajadores del área de producción

3.1 Bitácora de muestreo por trabajador y por día

Se aplicó esta bitácora (ver apéndice 10) en cada trabajador del área de producción que participó de la evaluación de la exposición personal a ruido, la misma contaba con un encabezado con aspectos generales como la fecha, nombre del trabajador, edad, hora de inicio y fin de la jornada (desde que se le coloca el equipo a la persona, hasta que se le retira), niveles de presión sonora y observaciones.

3.2 Metodología INTE/ISO 9612. Estrategia de jornada completa

Este tipo de metodología de evaluación no solo tomó en cuenta las contribuciones al ruido, si no que, midió los periodos tranquilos durante la jornada laboral. Por lo tanto, los días en los que las personas son sometidas a medición deben de ser representativos con lapsos de tiempo lo más extensos posibles.

Lo ideal es observar al trabajador mientras se realizan las mediciones, en caso de que esta posibilidad sea nula, se deben de realizar entrevistas con los trabajadores y/o supervisores. Lo anterior con el fin de identificar las tareas o procesos que realizó el trabajador.

Se realizaron tres mediciones de una jornada completa de cada uno de los trabajadores sometidos a medición. Se calculó el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado y con esto la media energética de las tres mediciones.

El nivel de exposición al ruido diario ponderado se realizó con la siguiente ecuación:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)$$

Con:

$L_{EX,8h}$: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

T_e : duración efectiva de la jornada laboral

T_0 : duración de referencia. $T_0 = 8 h$

3.3 Decreto N° 10541-TSS

Dicho decreto es un documento de acatamiento obligatorio a nivel país, ya que fue publicado por el Gobierno de la República de Costa Rica. Este incluye aspectos como, los niveles permisibles según la industria y según la clasificación del ruido con que se cuente, además de áreas permitidas para el establecimiento de industrias ruidosas, sanciones en caso de incumplimiento, entre otros. Se utilizó como referencia para conocer el nivel de cumplimiento entre lo que indica el decreto y lo que registra la empresa tanto en las mediciones puntuales de la fuente, como en las de exposición personal a ruido.

3.4 Matriz comparativa entre lo obtenido versus lo requerido

Esta matriz (ver apéndice 11) buscó demostrar los aspectos que exige la ley según la clasificación de la industria y las características que esta posee, versus los resultados de las mediciones en la empresa. Lo anterior logró generar un análisis de las posibles mejorías y posibles controles que la organización puede implementar.

4. Objetivo: Diseñar un programa con alternativas de solución para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino Crudo y Molino 3) y quebrador primario, que contemple controles ingenieriles y administrativos

En el cuarto objetivo específico se definieron tres variables, cuyas herramientas se describen a continuación.

Controles ingenieriles

4.1 Métodos de control de ruido

Se realizó la selección de los mejores métodos de control de la exposición a ruido de manera ingenieril, según lo requerido por la empresa y los resultados arrojados. Estas propuestas fueron barreras acústicas y encerramientos.

4.2 Matriz comparativa del estado de los controles actuales y propuestos

La matriz demostró cuáles son los controles actuales que posee la organización en cuanto a la parte administrativa e ingenieril y evidenció las propuestas

implementadas en el programa de mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido (ver apéndice 14).

Programa para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido

4.3 INTE: 31-09-09:2016. Salud y seguridad en el trabajo. Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo

Para la implementación del programa se utilizó como guía la INTE: 31-09-09:2016, la cual indica los requerimientos mínimos con los que debe de contar un programa de salud y seguridad en el trabajo. Dicho documento se utilizó para guiar el programa propuesto a la organización.

4.4 Matriz RACI

En este caso, la matriz RACI (ver apéndice 12) permitió conocer e identificar las personas involucradas en el programa, las necesidades y capacidades de cada una de ellas. La información que se concluyó de dicha matriz marca definitivamente el avance o aplicación del programa (Sinnaps, s.f).

Esta matriz contempla los siguiente:

R: responsable de ejecución. Es la persona responsable de ejecutar la tarea

A: aprobador. Encargado de velar que la tarea se ejecute y es el responsable último

C: persona a consultar. Brinda opciones y opiniones relevantes, es buscado por los responsables en caso de consulta

I: persona por informar. Persona a la que se le debe de comunicar el progreso del programa y reportar los avances de este.

Dicha herramienta fue utilizada para asignar los responsables en la ejecución del programa propuesto para la organización.

4.5 Diagrama de Gantt

Dicha herramienta permitió identificar cuál será la actividad o tarea en la que se estén haciendo uso de los recursos y el tiempo que toma en realizar la acción (Hinojosa, 2003). En la columna de la izquierda se suelen colocar las tareas a realizar y a la derecha el tiempo que poseen las personas para que dicha tarea se concrete (ver

apéndice 13). Esto con el fin de que se lleve un orden en la implementación del programa de mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido propuesto para la organización.

F. Plan de análisis

A continuación, en la figura 2 se presenta el plan de análisis para la elaboración del proyecto.

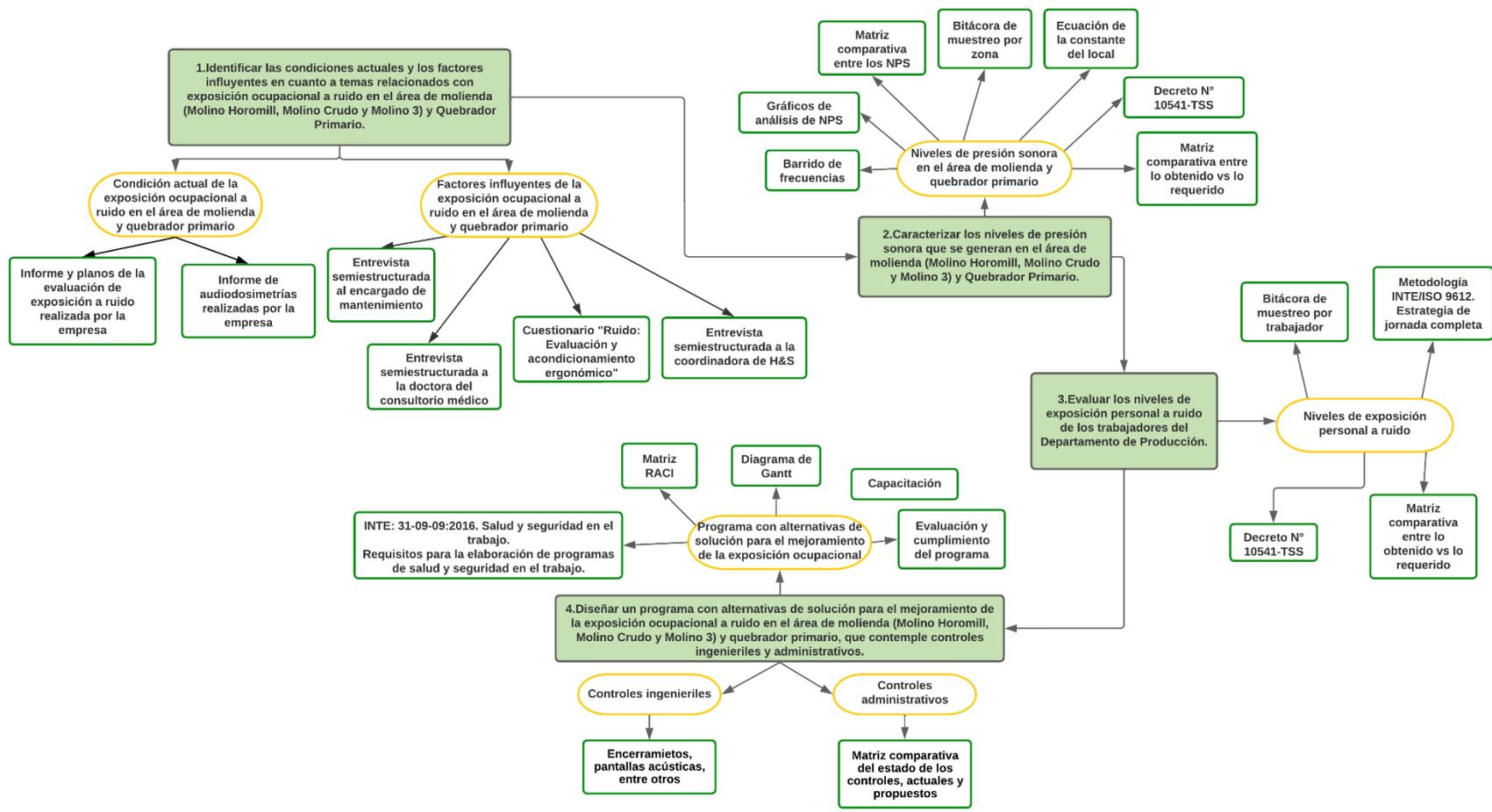


Figura 2. Plan de análisis del proyecto

Según la figura anterior, es necesario cumplir con ciertos objetivos con el fin de diseñar un programa con alternativas de solución para el mejoramiento de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y el Quebrador Primario. Inicialmente, el objetivo específico uno pretendió identificar las condiciones actuales y los factores influyentes en la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario, de aquí surgieron dos variables, las condiciones actuales y los factores influyentes de la exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario.

Para la primera variable, se utilizaron los informes de audiodosimetrías e informes y planos de evaluaciones de la exposición ocupacional a ruido del año 2017, realizadas por la empresa, los cuales indicaban resultados de los niveles de presión sonora y por ende las zonas críticas de exposición a ruido. Mientras que, para la segunda variable, fue necesario realizar diferentes encuestas a personal experto como al encargado de mantenimiento, coordinación de H&S, doctora del consultorio médico y a los colaboradores del área de molienda, estos últimos con el fin de conocer el porcentaje de confort acústico. Las encuestas brindaron información sobre el mantenimiento de máquinas, características de los equipos, vigilancia médica.

Una vez que se obtuvo la información, se recopiló e integró la información de manera descriptiva en la sección de la situación actual.

Seguidamente, se puso en marcha el segundo objetivo específico, el cual tuvo como fin caracterizar los niveles de presión sonora que se generaban en el área de molienda y Quebrador Primario. Para este objetivo, la variable fueron los niveles de presión sonora, por lo cual se necesitaba de herramientas como la bitácora de muestreo para la recolección de datos y la aplicación de la metodología de la medición puntual de la fuente, cuyos resultados se procesaron en distintos gráficos, para así analizar los niveles de presión sonora según la fuente, una matriz comparativa que permitió evidenciar los valores obtenidos y lo que realmente es permitido por ley, una constante del local que permitió conocer la predominancia de las ondas sonoras.

Por otra parte, fue necesario evaluar los niveles de exposición personal a ruido de los trabajadores del área de producción. Para esto, la variable de los niveles de exposición necesitó herramientas como la bitácora de muestreo por trabajador para anotar los datos obtenidos en las mediciones, la metodología de la estrategia de la jornada completa que

brinda pautas a seguir, la matriz comparativa entre lo obtenido y lo requerido según el decreto y de gráficos para analizar los niveles de exposición según el trabajador.

Todo lo anterior fue necesario para desarrollar el cuarto objetivo. La primera variable fue el programa con las alternativas de solución, el cual estuvo abarcado por la INTE 31-09-09:2016 que rigió los requerimientos del programa de salud y seguridad propuesto para la empresa, la matriz RACI para la designación de tareas y responsables, un diagrama de Gantt que estableció tiempo de implementación del programa propuesto y el plan de presupuesto que indicó el recurso económico necesario para dicha implementación.

La segunda variable hace referencia a los controles ingenieriles, que se enfocan en la fuente del ruido, siendo necesarios los métodos de control del ruido para la selección del control. Por último, las variables de los controles administrativos, que contuvo herramientas como una matriz comparativa entre los controles administrativos que posee la empresa y lo requerido por la ley nacional.

IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A. Identificación de las condiciones actuales y factores influyentes de la exposición a ruido

A continuación, se detalla el análisis de la situación actual según la información recopilada

1. Condición actual de la exposición de la fuente a ruido

En el cuadro 8 se muestra la situación en la que se encuentra la exposición de la fuente a ruido en la realización de las actividades diarias de la planta, esto con base a los informes y planos de la medición realizada en el 2017, previo a la toma de mediciones por la encargada del proyecto.

Cuadro 8. Situación actual de la exposición de la fuente a ruido según informes del 2017

Zona	Cantidad de pisos y zonas problemáticas	Cantidad de promedios que sobrepasan NPS
Molino Horomill	Posee seis pisos, de los cuales el piso dos es el más problemático	De los 54 puntos medidos, el 75,9 % sobrepasan el límite de acción, es decir, 82 dB(A)
Molino Crudo	Posee seis pisos, los más problemáticos son el uno y el dos	De los 54 puntos medidos, el 57,41 % sobrepasan el límite de acción, es decir, 82 dB(A)
Molino 3	Dicho molino cuenta con cinco pisos, siendo el uno el más problemático	Más de un 95,4 % de la totalidad de los 44 puntos muestreados sobrepasan los 82 dB(A)
Quebrador Primario	Posee tres pisos, subterráneo, uno y dos. Las zonas problemáticas se ven reflejadas en el piso uno	De los 16 puntos medidos, el 75 % sobrepasan los 82 dB(A)

Con respecto a la situación actual de la exposición, tanto del área de molienda como del Quebrador Primario se conoce que, de los puntos analizados anteriormente, todos sobrepasan en más de un 55 % los 82 dB(A), siendo el Molino 3 el más problemático, seguido del Molino Horomill, Quebrador Primario y por último el Molino Crudo. Cabe recordar que, la empresa se rige con el nivel de acción, es decir, 82 dB(A); por lo tanto, en el área de molienda y Quebrador Primario se da una sobreexposición según el estándar interno.

Actualmente, las zonas más problemáticas de toda la planta se encuentran en los pisos en donde están los motores de los equipos, los cuales ocasionan ruido debido a rodamientos, rodillos, mazos, ausencia o poca lubricación, ventilación, flujos de aire, entre

otros. Estos datos pretendían conocer si las condiciones de la exposición ocupacional a ruido en la planta han cambiado o se mantienen los mismos valores.

2. Situación actual de la exposición personal a ruido según informes del 2017

Ahora bien, para reflejar las condiciones actuales en cuanto a la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores del departamento de producción se muestra el cuadro 9, basada en el informe de audiodosimetrías realizadas por la empresa en el 2017.

Cuadro 9. Situación actual de la exposición personal a ruido en el departamento de producción según el informe del 2017

Departamento	Cantidad de personas muestreadas	Cantidad de promedios que sobrepasan NPS
Producción	Se muestrearon un total de seis personas	El 100 % de las personas muestreadas se encuentran sobreexpuestas, sus niveles de exposición superan los 85 dB(A).

El cuadro anterior, permite evidenciar que la totalidad de los trabajadores del departamento de producción poseen niveles de exposición a ruido superiores a los 85 dB(A) durante su jornada laboral, en donde los más afectados fueron tres personas operativas del área de molienda.

3. Factores influyentes de la exposición ocupacional a ruido

Sobre los factores que influyen en la exposición a ruido, se obtuvo que el área de producción está conformada por 16 personas operativas que están distribuidas por turnos, específicamente cuatro personas por turno; sin embargo, es importante recalcar que los turnos no son fijos, si no, rotativos. Esto quiere decir que los colaboradores tienen el siguiente horario, lunes, martes, miércoles y jueves de 6:00 a.m. a 2:00 p.m., viernes, sábado y domingo de 10:00 p.m. a 6:00 a.m., lunes y martes libres. Para la siguiente semana, entran miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo de 2:00 p.m. a 10:00 p.m., lunes y martes de 10:00 p.m. a 6:00 a.m. y miércoles y jueves libres. Por último, viernes, sábado y domingo de 6:00 a.m. a 2:00 p.m., lunes y martes de 2:00 p.m. a 10:00 pm, miércoles y jueves de 10:00 p.m. a 6:00 a.m. y viernes, sábado y domingo libres. Al mes trabajan 21 días, siete días a la semana seguidos y el día ocho y nueve son libres.

Lo anterior produce una alteración de los ritmos circadianos; es decir, de los cambios físicos, conductuales y mentales que sufren los seres vivos durante 24 horas. Dichos

cambios son naturales en el ser humano y se dan gracias a la oscuridad y a la luz, ya que, naturalmente el ser humano duerme de noche y está en constante movimiento de día. Por lo que, los ritmos circadianos de los operarios del área de molienda se ven alterados al no tener un horario fijo.

Las funciones del personal operativo son variadas, deben restablecer equipos, abrir válvulas, recoger muestras de material, realizar rutinas de revisión e inspección, lo que el operador de sala de control (donde se encuentran los mandos de las máquinas) no puede realizar. Dado a sus labores, los colaboradores deben usar equipo de protección auditiva como, orejeras y/o tapones, los cuales poseen un NRR de 25 dB, estos fueron seleccionados gracias a audiodosimetrías e informes de mediciones realizadas en el 2017.

De la misma manera, la empresa posee un programa de vigilancia médica, en el cual realizan exámenes preempleo y exámenes anuales con audiodosimetrías al personal que utiliza protección auditiva para ejercer sus funciones. Por el momento, únicamente se registra una persona en los últimos seis meses que está próxima a repetir su audiometría por alteración en la misma. En estos casos se refiere la persona a la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) para la audiometría clínica. Cabe mencionar que, hasta el momento, la empresa no presenta registro de incapacidades ni quejas o molestias por la exposición a ruido en los trabajadores.

Además, con respecto a la información recopilada según el apéndice 6 sobre el confort acústico percibido por los cuatro colaboradores muestreados en este proyecto, se resume lo siguiente en la figura 3.

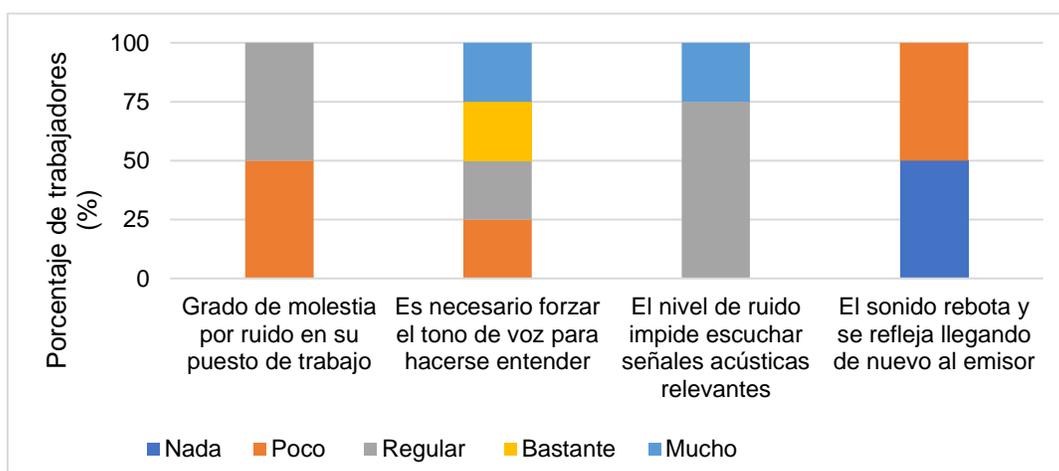


Figura 3. Porcentaje confort acústico percibido por los trabajadores

Con respecto al confort acústico percibido por los trabajadores, el 50 % de las personas encuestadas (n=2) indicaron que el ruido les molesta poco, mientras que el otro 50 % señaló que les molesta de manera regular. Además, los cuatro colaboradores tienen una percepción distinta con respecto a si deben de forzar su tono de voz o no. Cabe resaltar que únicamente una persona manifestó que el ruido le impide escuchar señales acústicas relevantes. Los colaboradores mencionaron que el ruido que perciben depende del lugar o área donde se encuentren; sin embargo, todos aludieron que el Molino 3 es el más molesto para ellos.

Pese a que los colaboradores muestreados conocen sobre el uso y mantenimiento correcto del equipo de protección auditiva, hace algún tiempo no les dan refrescamiento o actualizaciones de posibles mejoramientos o retroalimentación al respecto.

Para la coordinación de H&S es de suma importancia y necesaria la implementación de un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y Quebrador Primario. Lo anterior debido a que por lo habitual del proceso y de los factores de riesgo, el ruido no se ve como una limitante. Lo ideal sería poner en práctica la jerarquización del riesgo desde la fuente y no únicamente con la implementación del EPP. A lo que, se suma la dificultad de la rotación del personal por jornadas, debido a que ningún colaborador tiene un puesto de trabajo fijo, si no que, recorren todas las instalaciones de la planta.

Además, la coordinadora del departamento mencionó que no existe un presupuesto establecido para este tipo de programas de mejoramiento de condiciones de exposición ocupacional. Sin embargo, se puede realizar un análisis de viabilidad a las propuestas planteadas en el programa, y de ser factibles, se incluyen en el presupuesto establecido para mejoras de H&S. Con la implementación del programa se contaría con la disponibilidad de todo el personal; es decir, gerencias, coordinación, supervisores, personal de mantenimiento, operativos, proyectos, entre otros. Además, existiría un tiempo para mostrar al personal los datos recopilados en este análisis de ruido y de las medidas a implementar, incluido en el primer punto de capacitación. Esto para posteriormente, realizar momentos de seguridad, lo cual son 5-10 minutos de charlas que abarcan temas de seguridad a lo largo de las jornadas.

Por otro lado, la coordinación de H&S indicó que, es muy poca la capacitación que se le da al personal con respecto a la importancia del oído y de la protección auditiva, ya

que la última se realizó en el 2019-2020. Cabe mencionar que, por el momento no hay ninguna charla programada relacionada a ruido.

B. Caracterización de los niveles de presión sonora del área de molienda y Quebrador Primario

1. Intensidad del sonido del área de molienda y Quebrador Primario

Se logró determinar que las regiones con más decibeles son donde se encuentran las cuatro fuentes en específico (Molino Horomill, Molino Crudo, Molino 3 y Quebrador Primario). Por lo tanto, se muestran a continuación las zonas más problemáticas, el resto de las zonas pueden ser consultadas en el apéndice 15.

- Molino Horomill

El Molino Horomill es un molino que tiene un principio de funcionamiento horizontal y vertical; no obstante, el componente principal es el rodillo, el cual se encuentra colocado de manera horizontal.

Es necesario considerar que, se realizaron mediciones en el Molino Horomill cuando este se encontraba apagado por mantenimiento programado y también cuando se encontraba encendido y en pleno funcionamiento. Los datos recopilados con la bitácora del apéndice 8 reflejaron que cuando el Molino Horomill se encontraba apagado, el ruido rondaba entre los 62 dB(A) y los 67,4 dB(A).

El molino se encuentra sobre el nivel del piso, a pesar de ello, debajo de este nivel, existe un piso subterráneo, el cual cuenta con materiales de aceite y lubricación necesarios para el funcionamiento de este. Al realizar las mediciones con el equipo encendido, estos resultados pueden tener interferencia de otras máquinas y equipos que se encuentran cercanos, tales como, ventiladores, bandas transportadoras, entre otros. Lo obtenido en las mediciones con el Molino Horomill en funcionamiento se muestra en la figura 4.

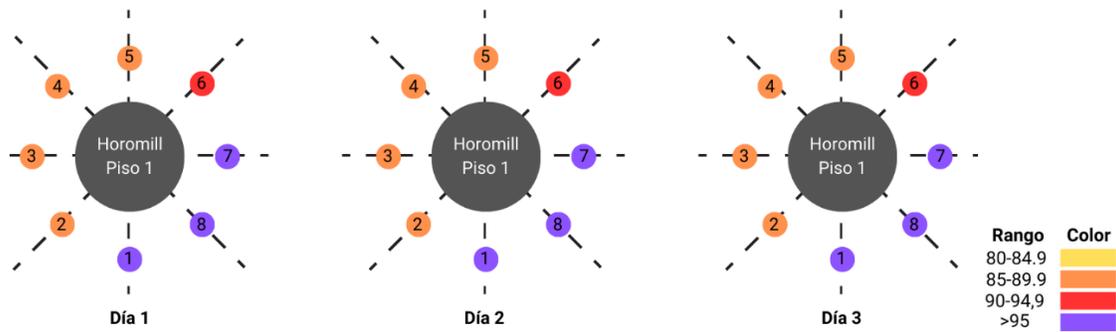


Figura 4. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Horomill Piso 1

La figura anterior evidencia que se realizaron mediciones perimetrales en todo el piso 1 alrededor del equipo, dando a conocer que los NPS más altos se encuentran en los puntos 1, 7 y 8, con valores que superaron los 95 dB(A), llegando hasta los 98,9 dB(A). El punto 1 hace referencia al frente del molino, donde la materia prima es molida, mientras que el punto 7 es un brazo que genera cierta movilidad al mismo. El último punto y el más crítico en este piso es el 8, con NPS de 98,9 dB(A) en los tres días, este se refiere al piñón de funcionamiento, el cual gira sobre su propio eje. A su vez, dicha medición posee interferencia del punto 1 y 7 debido a su cercanía.

Al realizar una comparativa entre los tres días de medición, se muestra la misma tendencia en todos los puntos, ninguna medición en el mismo punto superó los 3 dB(A) de diferencia, lo cual quiere decir que el ruido es estable; sin embargo, entre diferentes puntos sí se da dicha diferencia.

Cabe mencionar que, el molino supera los tres metros de alto; por lo tanto, posee un piso intermedio, llamado piso 1.5. Las mediciones en dicho piso no fueron completamente perimetrales debido a que no posee pasarela en la totalidad del piso. Los resultados de los NPS de dicho piso se evidencian en la figura 5.

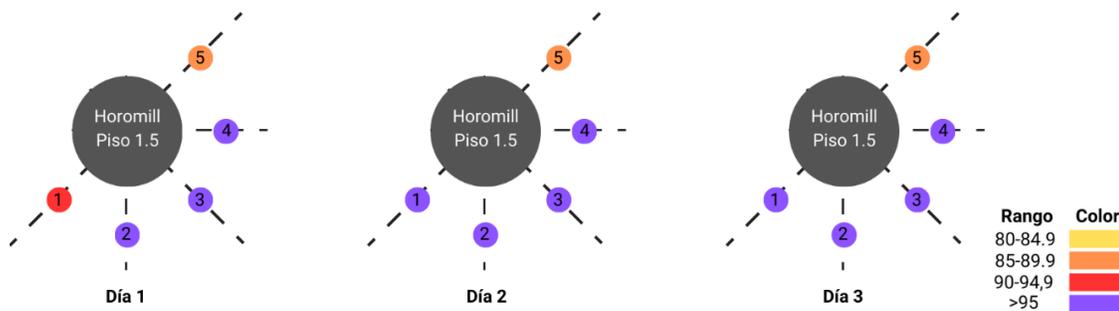


Figura 5. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Horomill Piso 1.5

En este piso, los niveles de presión sonora rondaron entre los 85 dB(A) hasta un máximo de 99,98 dB(A). Este pico más alto se refleja en el punto 4, el cual es uno de los dos brazos laterales que posee el molino, siendo la parte superior del punto 7 del piso 1.

Al realizar la comparación de los tres días de medición, se evidencia una diferencia en el punto 1 del día uno con respecto al resto de días. Dicho punto hace referencia a la entrada del material, el cual varía según el tipo de cemento que se vaya a procesar en ese momento. El punto 2 se considera que se ve influenciado por la cercanía de la entrada del material al molino, mientras que el punto 3 tiene cercanía con el piñón de funcionamiento del molino que se encuentra en el piso 1.

Por lo tanto, se concluye que el Molino Horomill genera NPS considerables debido a su piñón de funcionamiento ubicado en el piso 1, que se une con la corona, de ahí su nombre piñón-corona, el cual interviene en las distintas mediciones. Lo que hace que el piñón genere altos NPS se debe a su funcionamiento, este permite el engranaje entre partes del motor y la corona del molino, sobrepasando el nivel de acción establecido por la empresa de 82 dB(A) y el máximo permisible según la normativa nacional de 85 dB(A).

- Molino Crudo

El Molino Crudo se encuentra ubicado a 50 cm sobre el nivel del piso, es el primer molino del proceso, por lo tanto, es el que recibe la materia prima. Se realizaron mediciones perimetrales en ocho puntos, tanto en el piso 1 como en el piso 2.

Como se mencionó anteriormente, es el primer molino del proceso, el que recibe la materia prima después de la pre-homogenización, esta recepción se da en el piso 6 y presenta diferentes formas y tamaños, según el tipo de material requerido en el momento. Del piso 6 empieza a bajar hasta llegar al piso 1, donde se da la molienda gracias a los rodillos que presenta el molino, con su principio de funcionamiento vertical, de arriba hacia abajo.

Las mediciones del piso 1 se realizaron alrededor del molino, donde se encuentran los rodillos del molino y los resultados de los NPS se muestran en la figura 6.

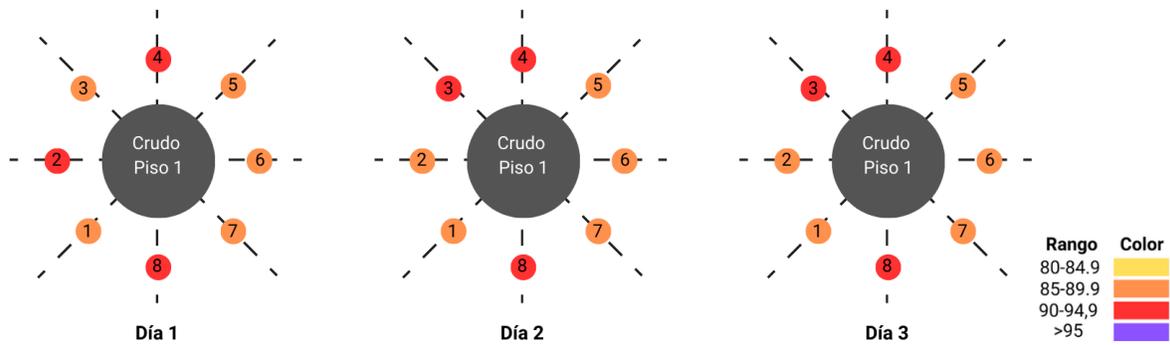


Figura 6. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Crudo Piso 1

Este piso del Molino Crudo presenta NPS entre los 86 dB(A) y 92,5 dB(A); sin embargo, al realizar la comparación entre los tres días de medición, se evidencian comportamientos diferentes. Dichos comportamientos difieren por uno o por dos decibeles, lo que en algunos casos provoca cambios según el rango establecido. Los puntos más críticos se presentan en rojo; no obstante, entre ellos el más sobresaliente es el 8, debido a que dicho punto se ve influenciado por una pequeña subestación eléctrica y un motor.

Entre los puntos sí existe una diferencia de 3 dB(A), lo cual evidencia que el ruido es aleatorio. Además, como se mencionó anteriormente, al obtener valores superiores a los 85 dB(A) se sobrepasa el límite de acción establecido por la empresa, así como el valor permitido según la normativa nacional. Esta situación puede provocar malestar por parte del personal que labora en la planta de cemento y en la comunidad, además de implicaciones legales, entre otras.

- Molino 3

Dicho molino es cilíndrico, colocado de forma vertical, dentro del mismo posee distintas cámaras o divisiones. Su funcionamiento se da gracias a que, dentro del mismo, en cada cámara posee distintos tamaños de bolas según la división, las cuales tiene la función de moler. Además, el molino se encuentra en un edificio amplio, sin embargo, posee puertas corredizas en sus laterales, las cuales deben estar cerradas en todo momento.

En este molino se logró realizar una medición con el equipo apagado para tener un punto de referencia sobre los decibeles que se emiten durante el funcionamiento de este y cuando se encuentra apagado. Con el equipo apagado, el lugar reflejó NPS entre los 62,3 dB(A) y los 70,4 dB(A). Mientras que, con el equipo encendido los NPS obtenidos se muestran en la figura 7.

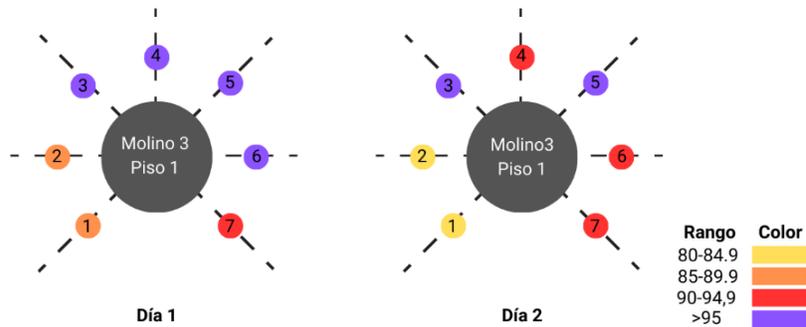


Figura 7. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino 3 Piso 1

Como se mencionó anteriormente, cuando el equipo está realizando el proceso de molienda, las puertas corredizas deben de estar completamente cerradas, sin embargo, al realizar las mediciones en este estudio, esto no siempre se cumplió. Las puertas corredizas laterales abarcan los puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7. En el día dos, las puertas se encontraban más cerradas que en el día uno, lo cual interfirió en el resultado de las mediciones.

Los puntos mencionados anteriormente son los costados del molino el cual se encuentra girando, mientras que el punto 4 es la entrada del material al cilindro del molino. Cabe mencionar que este último se encuentra expuesto, no posee ningún tipo de encerramiento. Los NPS en este molino registraron valores entre los 84,38 dB(A) y los 96,59 dB(A), siendo el pico más alto el punto 4. Los otros puntos morados no superaron los 96 dB(A).

Los altos NPS hacen referencia al tipo de funcionamiento del molino, las bolas se encuentran sueltas por toda la estructura cilíndrica, lo cual hace que en ciertos momentos reboten en algunas de las paredes del molino. Lo anterior hace que los NPS sobrepasen el límite de acción establecido por la empresa, los 82 dB(A) y lo establecido por la normativa nacional de 85 dB(A).

- Quebrador Primario

El Quebrador Primario es el primer paso del proceso en la planta de cemento, llega la materia prima en grandes tamaños, por lo que el quebrador tiene la función de quebrar los minerales y así reducir su dimensión. Su funcionamiento es vertical, empieza en el piso 2 hasta llegar al piso subterráneo.

El piso 1 en el cual se le realizaron las mediciones es el catalogado como el más crítico, ya que ahí se encuentran los mazos que quiebran el material, conduciendo esto a altos valores de los NPS.

En la figura 8 se muestran los NPS del piso 1 del Quebrador Primario.

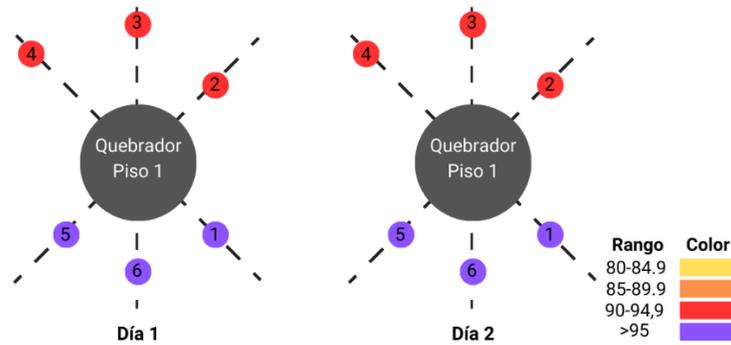


Figura 8. NPS de la medición puntual de la fuente del Quebrador Primario Piso 1

Los valores de los NPS rondaron entre los 91,7 dB(A) y los 101,9 dB(A), siendo los picos más altos los puntos 5 y 6, donde primeramente cae el material y pega en las paredes del quebrador. Los puntos más bajos fueron el 3 y el 4 ya que a estos dos últimos se les realizaron mediciones a dos metros de la fuente.

El quebrador sobrepasa el límite establecido por la empresa y el establecido por la normativa nacional y esto se da por el tipo de tarea que se realiza en este lugar y la función de los mazos que varía la potencia según el tamaño de la materia prima que llega en el momento.

2. Barrido por frecuencias

Una vez obtenidos los NPS y los puntos críticos de cada fuente, se procedió a realizar un barrido de frecuencias según se muestra en la figura 9.

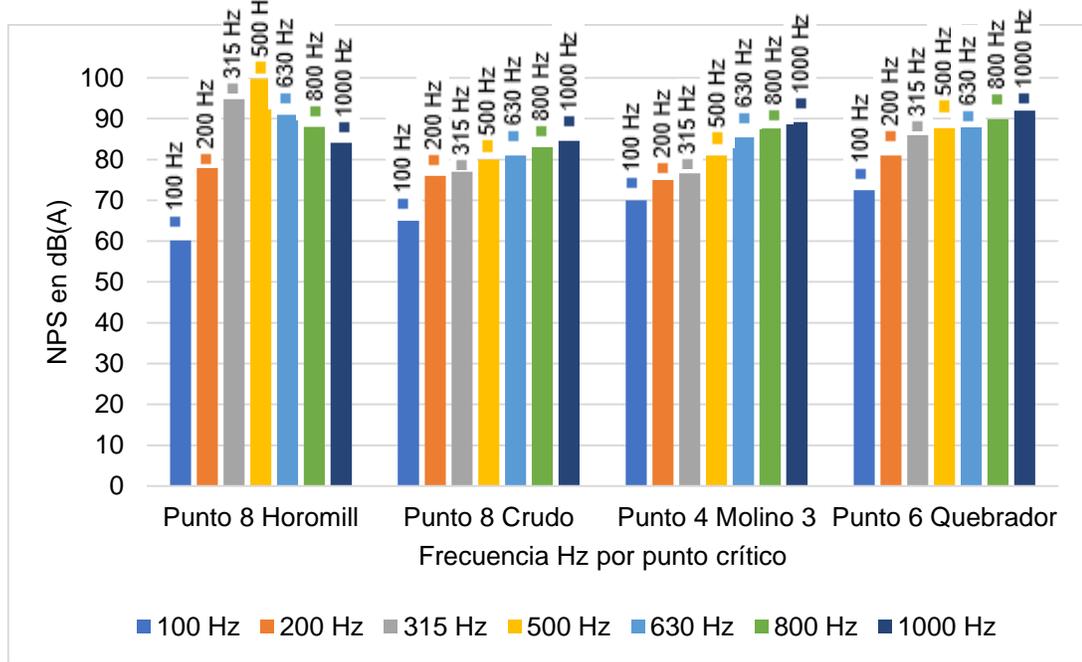


Figura 9. Barrido de frecuencias en puntos críticos por fuente

La figura anterior evidencia que el punto crítico del Molino Horomill presenta tendencia a las frecuencias de los 500 Hz. Mientras que, en los otros tres puntos críticos, Molino Crudo, Molino 3 y Quebrador Primario respectivamente, tienen tendencia a las altas frecuencias, alrededor de los 1000 Hz, incrementando los NPS en dB(A) conforme al aumento de los Hertz.

3. Constante del local

La constante del local se procedió a calcular en cada uno de los locales del área de molienda y Quebrador Primario, en donde se encontraban las fuentes generadoras de ruido en estudio, gracias a lo obtenido en el apéndice 3. Dichas constantes se evidencian en el cuadro 10, el cual se muestra a continuación.

Cuadro 10. Constante del local del área de molienda y Quebrador Primario

Constante del local del área de molienda y quebrador primario									
Departamento	Superficie	Material	Área (m ²)	Coeficiente de absorción por frecuencia (Hz)					
				125	250	500	1000	2000	4000
Molino Horomill	Piso	Cemento	424,5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
	Pared	Lámina de zinc	28,3	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
	Ventana	Portón	2,1	1,00	1	1	1	1	1
	Techo	Lámina de zinc	424,5	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
Superficie * coeficiente de absorción				205,58	264,44	345,66	431,69	350,19	358,96
Coeficiente medio de absorción total				0,23	0,30	0,39	0,49	0,40	0,41
Constante del local				268,30	378,15	569,52	847,95	581,92	606,55
Molino Crudo	Piso	Cemento	216,96	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
	Techo	Lámina de zinc	216,96	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
Superficie * coeficiente de absorción				97,63	125,84	164,89	206,11	167,06	171,40
Coeficiente medio de absorción total				0,23	0,29	0,38	0,48	0,39	0,40
Constante del local				125,98	177,23	265,95	392,59	271,64	283,30
Molino 3	Piso	Cemento	1769,25	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
	Puertas corredizas	Espuma de poliuretano	8,16	0,11	0,14	0,36	0,82	0,9	0,97
	Techo	Láminas de zinc	2100	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
	Portones	Lámina de zinc	32,1	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
Superficie * coeficiente de absorción				956,71	1234,13	1616,08	2024,93	1641,80	1681,39
Coeficiente medio de absorción total				0,24	0,32	0,41	0,52	0,42	0,43
Constante del local				1266,69	1803,43	2754,85	4200,66	2830,46	2950,20
Quebrador primario	Piso	Cemento	134,42	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
	Paredes	Cemento	12,6	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
	Portón	Lámina de zinc	2,5	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76
Superficie * coeficiente de absorción				2,57	2,90	4,79	5,27	4,82	6,31
Coeficiente medio de absorción total				0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04
Constante del local				2,62	2,95	4,95	5,46	4,98	6,59

El cuadro anterior refleja que, los coeficientes de absorción de las cuatro fuentes ninguna sobrepasó los 0.52, siendo en la frecuencia de 1000 Hz la más alta, lo cual puede provocar que los materiales disipen la energía de las diferentes ondas sonoras cuando se habla de altas frecuencias.

Además, en las tres fuentes del área de molienda la constante del local es mayor en los 1000 Hz y menor a los 125 Hz, presentándose la mayor constante en el Molino 3, ya que es un lugar sumamente grande con mucho espacio alrededor del molino. Sumado a

esto, dicho molino presenta las puertas corredizas que no siempre están abiertas, provocando la salida de las ondas sonoras. Por otra parte, esto no sucede de igual manera en el Quebrador Primario, en este lugar la constante del local es más grande cuando se está a 4000 Hz y más pequeña a los 125 Hz, puesto que es un lugar sumamente cerrado que únicamente posee un portón el cual siempre se encuentra cerrado.

A continuación, según el formato del apéndice 9, se genera un resumen de los NPS en cada una de las fuentes estudiadas.

Cuadro 11. Matriz comparativa entre lo NPS obtenidos por fuente y lo requerido

Zona	Resultados	Requerido
Molino Horomill	Sus NPS en algunos de los casos sobrepasaron los 97 dB(A), siendo los puntos más críticos el motor de funcionamiento, el brazo derecho que permite movilidad y la entrada del material al molino.	Según lo establecido en el Reglamento para el control de ruidos y vibraciones, no se debe sobrepasar los 85 dB(A).
Molino Crudo	El Molino Crudo es el menos crítico en el área de molienda y es el primer molino del proceso, su piso 2 no sobrepasó los 87 dB(A), mientras que el primer piso registró valores de NPS entre los 86 dB(A) y los 92,5 dB(A).	
Molino 3	Los NPS de este molino reflejaron valores entre 84 dB(A) y 96,59 dB(A), tomando en cuenta que estas mediciones se vieron afectadas por las puertas corredizas que se encontraban abiertas, lo cual pudo influir en los resultados.	
Quebrador primario	El quebrador presentó NPS que rondaron entre los 91,7 dB(A) y los 101,9 dB(A) debido a su función, la cual es quebrar la materia prima proveniente de las calderas de extracción.	
Conclusión		
El molino más crítico hace referencia al Molino Horomill, segundo más crítico el Molino 3 y por último el Molino Crudo; sin embargo, el Quebrador Primario también obtuvo NPS altos, lo cual hace que se coloque en el mismo nivel de prioridad que el Molino Horomill.		

Según lo mostrado en la figura anterior, se decide generar controles ingenieriles para las fuentes más críticas, siendo el Molino Horomill y el Quebrador Primario; no obstante, el quebrador es un área con acceso restringido y la afluencia de personal en dicha área no es mayoritaria, caso contrario con el Molino Horomill, Dicho molino no tiene acceso restringido y la afluencia de personal laborando en el área es mayoritaria, por lo que, se decide proponer controles para esta última fuente.

C. Evaluación de la exposición personal a ruido en el área de molienda

En el cuadro 12 se muestran los datos recopilados sobre la exposición personal a ruido del personal operativo del área de molienda, según la bitácora del apéndice 10.

Cuadro 12. Exposición personal a ruido de los colaboradores operativos del área de molienda

Colaborador	Día	Duración efectiva	% dosis	Nivel de exposición diario (dB(A))	Media aritmética	Lp,A,eq Te (dB(A))	LEX8h	Incertidumbre típica (dB(A))	Incertidumbre típica expandida (dB(A))
1	1	7	50,87	87,6	87,76	88,05	87,47	3,32	2,69
	2		347,3	90,4					
	3		205,8	88,1					
2	1	7	66,37	84,2					
	2		177,9	87,1					
	3		35,7	86,5					
3	1	7	121,7	85,9					
	2		74,51	88,7					
	3		364,8	88,5					
4	1	7	178,2	87,5					
	2		35,95	88,6					
	3		611,3	90					

Cabe recalcar que, estos cuatro colaboradores correspondían al mismo grupo homogéneo, ya que realizan las mismas labores, la diferencia radica en sus jornadas laborales. Es importante mencionar que, fueron evaluados en distintas jornadas, tanto nocturnas, diurnas, como mixtas. Sus funciones son variadas y deben estar siempre en constante movimiento según los requerimientos del momento, puesto que deben mover bandas, eliminar atascamientos en tolvas, limpiar sectores con acumulación de material, abrir válvulas, revisar niveles de materia prima, entre otras.

En el cuadro anterior se evidencia que dicho grupo homogéneo se encuentra sobre expuesto; ya que, el nivel de exposición al ruido diario (LEX8h) es de 87 dB(A), estando por encima de lo establecido, lo cual corresponde a 85 dB(A) en una jornada de ocho horas.

Además, según lo recopilado en el apéndice 11, en el cuadro 13 se procede a evidenciar los resultados obtenidos en cuanto a la exposición personal versus lo requerido según la ley y los posibles controles a implementar.

Cuadro 13. Matriz comparativa entre lo obtenido en la evaluación personal a ruido, lo requerido y posibles controles

Colaborador	Resultados	Requerido	Posibles controles
1	Este colaborador sobrepasó los 87 dB(A) a lo largo de su jornada laboral, con un máximo de 90 dB(A)	Según lo establecido por ley, un colaborador con una jornada laboral de ocho horas no debe de sobrepasar la exposición a 85 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • Controles ingenieriles puntuales a la fuente, ya que se trasladan a realizar labores a lo largo del área de molienda según las distintas funciones a realizar. • Controles administrativos, como posible reducción de la jornada, cambio de funciones, entre otras
2	El colaborador tuvo una exposición a ruido entre los 84,2 dB(A) y los 87,1 dB(A) durante su jornada laboral		
3	Colaborador expuesto a ruido con valores en un rango de 85,9 dB(A) y 88,7 dB(A)		
4	El colaborador se encuentra expuesto a ruido a valores entre 87,5 dB(A) y 90 dB(A)		

D. Conclusiones

- El Molino Horomill, Molino 3, Molino Crudo y Quebrador Primario sobrepasan los 82 dB(A) del nivel de acción establecido por la empresa.
- Los cuatro colaboradores del área de producción sometidos a audiodosimetrías se encuentran sobreexpuestos, en su jornada laboral porque los NPS sobrepasan los 85dB(A).
- Existe un grado de molestia por ruido por parte de los colaboradores en su puesto de trabajo durante todas sus jornadas laborales.
- El Molino Horomill posee una frecuencia predominante de 500 Hz, mientras que el Molino Crudo, Molino 3 y el Quebrador Primario poseen una frecuencia predominante de 1000 Hz.
- Se determinan deficiencias en cuanto a contenido y frecuencia de las capacitaciones brindadas al personal de la empresa con respecto al cuidado del oído y su importancia en la vida del ser humano.

E. Recomendaciones

- Implementar soluciones ingenieriles en las fuentes generadoras de ruido para disminuir los niveles de presión sonora emitidos por las mismas y así, no sobrepasar el límite de acción.
- Al poner en marcha las soluciones ingenieriles, se debe tomar en cuenta las frecuencias predominantes para la selección de los materiales según el área.
- Poner en práctica soluciones administrativas para el personal sobreexposto a ruido, a fin de disminuir los niveles de presión sonora recibidos durante la jornada laboral.
- Comunicar e informar al personal sobre los datos obtenidos en este proyecto, para que tengan el conocimiento sobre las condiciones a las que se enfrentan en sus puestos de trabajo en las jornadas laborales.
- Dar refrescamientos y capacitaciones al personal en cuanto al cuidado del oído y sobre la importancia de la escucha en el ser humano.

V. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se proponen tres distintas alternativas de solución para el Molino Horomill, el cual resultó en el más crítico con respecto a la caracterización de los NPS realizado en el apartado del análisis de la situación actual.

A. Controles ingenieriles

El Molino Horomill (ver figura 10) fue el más crítico en cuanto a los niveles de presión sonora, siendo dos sus puntos más críticos. El primero se presentó en el piñón de funcionamiento, el cual permite un engranaje junto con la corona, y el segundo, se dio debido a un brazo articulado que permite la movilidad del sistema. Es importante recalcar que se identificó la existencia de dichos puntos críticos; sin embargo, de manera general el molino en su totalidad presenta altos niveles de presión sonora.



Figura 10. Molino Horomill

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las tres alternativas de solución propuestas para el Molino Horomill.

Cuadro 14. Componentes y costos de las alternativas de solución ingenieriles

Alternativa	Componentes	Costo (colones)
1. Recubrimiento del encerramiento del piñón-corona	Recubrimiento dentro del encerramiento del piñón-corona con lana de roca, ligera, resistente al fuego, inorgánica, color amarillento	216 006,23
2. Cabina acústica al molino	Cabina acústica alrededor del molino con cortinas de paneles flexibles de fibra de vidrio, con velcro en sus bordes y broches en su parte superior, color gris	16 410 320,00
3. Pantalla acústica móvil	Pantalla acústica móvil diseñada para el brazo articulado derecho del molino, con rodines, bastidor, placa de yeso y membrana acústica	303 124,99

A continuación, se muestran de manera detallada las alternativas de solución para disminuir los NPS del Molino Horomill. Tomando en cuenta el barrido de frecuencia realizado en el mismo, siendo la frecuencia predominante de 500 Hz.

1. Recubrimiento del encerramiento del piñón-corona

Para la alternativa 1, se propone recubrir con lana de roca dentro del encerramiento del piñón-corona del molino. Sin modificar el funcionamiento de dicho piñón y sin alterar la producción del molino. En el cuadro 15 se detalla la descripción de esta alternativa.

Cuadro 15. Propuesta de recubrimiento acústico dentro del encerramiento del piñón-corona del Molino Horomill

Características	Descripción
Ilustración	
Material	Lana de roca
Proveedor	Refractarios la Uruca S.A.
Marca	Thermafiber
Coefficiente de reducción del ruido	1,27 a 500 Hz
Otras características	Ligera, repelente al agua y resistente al fuego, inorgánica, color amarillo, libre de asbesto y antibacteriana
Dimensiones	4" x 1. m ancho x 5 m de largo, densidad de 2.5
Cantidad	3 unidades
Costo (₡)	Lana (unidad): 56 669,5
	Total de 3 lanas: 170 008,5
	Adhesivo cola para la instalación (unidad): 45 997.73
	Total de adhesivos: 45 997,73
	Instalación: 0 (realizado por el departamento de Mantenimiento Preventivo de Holcim Costa Rica)
Costo final total + 13% IVA: 216 006,23	

Para esta alternativa se propone colocar dentro del encerramiento del piñón que se une con la corona, láminas de lana de roca y adherirlas con adhesivo cola Ryant para placas acústicas. Dicha lana posee un alto coeficiente de reducción del ruido a la frecuencia predominante de dicho molino de 500 Hz, con un valor del coeficiente de reducción del ruido de 1.27. Las dimensiones del encerramiento del piñón-corona se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Dimensiones de encerramiento del piñón-corona para colocación de lana de roca

Dimensión	Metros (m)
Largo	1.2
Ancho	0.827
Alto	1.256

El funcionamiento del piñón no generaría calentamiento dentro del encerramiento, por lo tanto, no es necesario hacer orificios para ventilación ni colocar equipo adicional. Lo anterior debido a que la lana de roca seleccionada posee tolerancia a una temperatura máxima de 204 °C, mientras que el fabricante indica que, cuando las temperaturas internas son mayores a 232 °C se requiere de soporte mecánico.

El no crear orificios para ventilación permite que no se escape el ruido por dichos agujeros, lo cual vuelve más efectiva dicha propuesta. A continuación, en la figura 11 se muestra el encerramiento metálico actual de piñón donde por dentro se colocará la lana de roca.



Figura 11. Encerramiento metálico actual del piñón-corona

Además, en la figura 12 se muestra el encerramiento del piñón-corona con el recubrimiento de lana de roca.

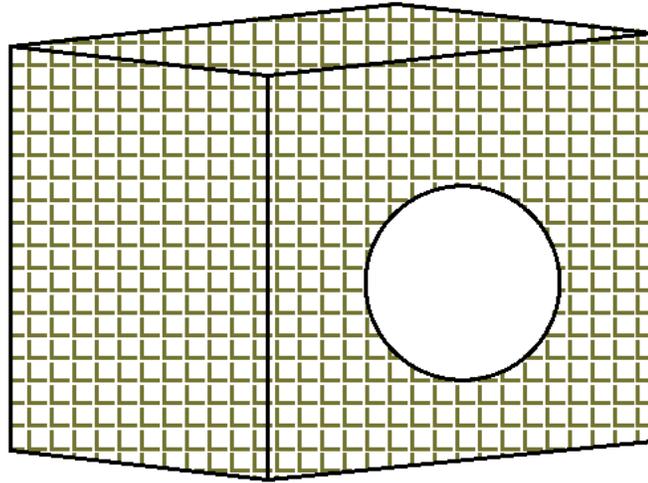


Figura 12. Encerramiento del piñón-corona con lámina de roca

La instalación de la lana de roca en el encerramiento del piñón-corona muestra una pérdida de transmisión acústica (TL), la cual se evidencia en el cuadro 17.

Cuadro 17. Pérdida de transmisión acústica

Material	TL
Metal del encerramiento	34
Lana de roca	15

2. Cabina acústica al molino

Para la alternativa 2, se propone una cabina acústica a base de paneles flexibles de fibra de vidrio en el molino Horomill. Es indispensable que la cabina acústica sea desmontable en caso de realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos. En el cuadro 18 se detalla la descripción de esta alternativa.

Cuadro 18. Propuesta de cabina acústica del Molino Horomill

Características	Descripción
Ilustración	
Material	Paneles flexibles de fibra de vidrio
Proveedor	Camaudi Industrial
Marca	Acusorb 1-EXT
Coefficiente de reducción del ruido	0,85 a 500 Hz
Otras características	Cierres de nylon autoadhesivos de velcro en sus bordes y ojales en la parte superior, color gris
Dimensiones	1" x 1,219 m ancho x 1,372 m de largo
Cantidad	50 unidades
Costo (₡)	Paneles (unidad): 325 360
	Total de 50 paneles: 16 268 000
	Sistema para soporte (unidad): 11 860
	Total de 12 soportes: 142 320
	Instalación: 0 (realizado por el departamento de Mantenimiento Preventivo de Holcim Costa Rica)
	Costo total + 13 % IVA: 16 410 320

Esta alternativa de solución permite que los operarios del área de molienda puedan ingresar a realizar trabajos en caso de ser necesario, esto gracias al velcro adhesivo y a sus ojales, con lo cual se busca recubrir en su totalidad el Molino Horomill, ya que todas las

mediciones superaron los 85 dB(A), independientemente de la zona medida. En la figura 13 se muestra un ejemplo de la solución.



Figura 13. Cabina acústica Molino Horomill

La alternativa no altera el funcionamiento del molino, aparte de que la totalidad de los materiales de la cabina acústica están diseñados para servir como barrera acústica, incluido el velcro y los ojales.

En el cuadro 19 se presenta la pérdida de transmisión acústica de la cabina propuesta en dicho molino.

Cuadro 19. Pérdida de transmisión acústica en la cabina acústica del Molino Horomill

Características	500 Hz
Evaluación	101
Criterio	85
Diferencia	16
Factor seguridad	5
N Req	21
R	14.5
TL req	32,343

3. Pantalla acústica móvil

Para la alternativa 3, se propone una pantalla acústica móvil que sea colocada en el brazo articulado derecho del molino (ver figura 14). La descripción detallada se muestra en el cuadro 20.



Figura 14. Brazo articulado derecho del molino

Cuadro 20. Propuesta de pantalla acústica móvil con membrana acústica para el brazo articulado del Molino Horomill

Características	Descripción
Ilustración	
Material	Membrana acústica
Proveedor	Refractarios la Uruca
Marca	Fiberglass Isover
TL	25
Otras características	Modificado a base de asfalto, con resistencia a la tracción, con refuerzo de fibra de vidrio, color negro
Dimensiones	3 mm espesor x 1 m ancho x 10 m largo
Cantidad	1
Costos (₡)	Membrana (unidad): 45 200
	Total de 1 membrana: 45 200
	Bastidor metálico (unidad): 55 320
	Total de 1 bastidor: 55 320
	Placa de yeso acústico (unidad): 52 202,42
	Total de 3 placas de yeso: 156 607,26
	1 Adhesivo acústico: 45 997,73
	Instalación: 0 (realizado por el departamento de Mantenimiento Preventivo de Holcim Costa Rica)
Costo total + 13% IVA: 303 124,99	

Dicha pantalla acústica posee un bastidor metálico con rodines para su desplazamiento. Primeramente, en el bastidor debe de ir una placa de yeso acústica (ver figura 15) para posteriormente pegar la membrana acústica sobre esta.



Figura 15. Placa de yeso acústica

Una vez pegada la membrana acústica sobre la placa de yeso, queda un diseño como el de la figura 16 que se muestra a continuación.

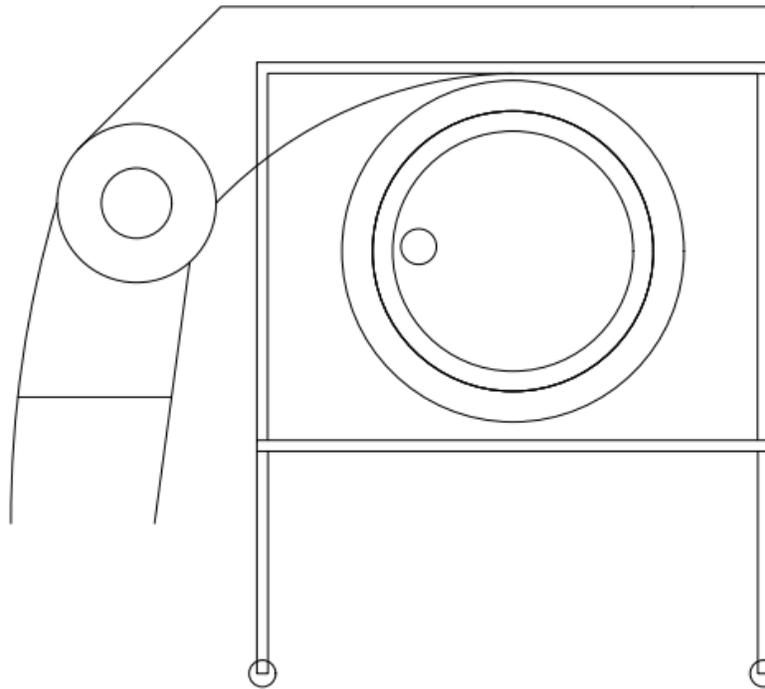


Figura 16. Pantalla acústica móvil de membrana

Las dimensiones de la pantalla acústica se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Dimensiones de la pantalla acústica para el brazo articulado del Molino Horomill

Dimensión	Metros (m)
Ancho	2,30
Del piso a la base de la pantalla	1
Alto	1,70

Comparación entre alternativas de solución para el Molino Horomill

A continuación, se muestra el criterio para la selección de las alternativas de solución descritas anteriormente.

Cuadro 22. Criterio de selección para las alternativas de solución del Molino Horomill

Aspecto	Criterio
Seguridad y salud	La opción planteada disminuye los NPS de las fuentes, toma en cuenta la frecuencia predominante de 500 Hz y posee un coeficiente de reducción del ruido mayor a 1
Ambiental	La propuesta no genera riesgos ambientales ni residuos altamente contaminantes para el ambiente
Económico	El valor económico de la propuesta no supera el ₡ 1 000 000
Cultural y social	El ambiente laboral y el bienestar de los colaboradores mejora con la propuesta
Normativa	Cumple con el Reglamento para el control de ruido y vibraciones

Una vez establecido el criterio para la selección de la alternativa de solución, se procedió a comparar las tres alternativas de solución y seleccionar la más viable para el proyecto, esto dependiendo de si cumple o no según lo establecido. Esta comparación se evidencia en el cuadro 23.

Cuadro 23. Matriz comparativa entre las alternativas de solución

Aspecto	Alternativas		
	1 Recubrimiento del encerramiento	2 Cabina acústica	3 Pantalla acústica móvil
Seguridad y salud	Toma en cuenta la frecuencia predominante de 500 Hz, produce una pérdida en la transmisión acústica y su coeficiente de reducción del ruido es mayor a 1	Toma en cuenta la frecuencia predominante de 500 Hz, produce una pérdida en la transmisión acústica pero su coeficiente de reducción del ruido no es mayor a 1	Toma en cuenta la frecuencia predominante de 500 Hz y produce una pérdida en la transmisión acústica
	Cumple	No cumple	Cumple

Ambiental	No emite gases contaminantes, es mineral	Puede liberar contaminantes peligrosos y volátiles	Los paneles de yeso son difícilmente reciclables
	Cumple	No cumple	No cumple
Económico	El valor de la alternativa no supera el ¢ 1 000 000	El valor de la alternativa supera el ¢ 1 000 000	El valor de la alternativa no supera el ¢ 1 000 000
	Cumple	No cumple	Cumple
Cultural y social	Mejora el ambiente laboral de los colaboradores y el sentimiento de mejoría de disminución del ruido en la instalación y a la hora de realizar trabajos en el molino. Propuesta enfocada en disminuir la exposición ocupacional a ruido del trabajador	Propuesta dirigida a disminuir el ruido emitido hacia la comunidad y no al trabajador, ya que, en caso de realizar trabajos, deben ingresar a la cabina	Propuesta dirigida a disminuir el ruido emitido hacia la comunidad y no al trabajador, ya que, en caso de realizar trabajos, deben movilizar la pantalla a otro lugar
	Cumple	No cumple	No cumple
Normativa	Cumple con el Reglamento para el control de ruido y vibraciones	Cumple con el Reglamento para el control de ruido y vibraciones	Cumple con el Reglamento para el control de ruido y vibraciones
	Cumple	Cumple	Cumple

Una vez realizada la comparación de las tres alternativas de solución, se concluye que la mejor alternativa es la 1, el recubrimiento del encerramiento del piñón-corona con la lana de roca, porque, cumple con todas las pautas establecidas de salud y seguridad, ambiental, económicas, cultural y social y de normativa. Además, el principal objetivo de la organización es reducir la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores y no el generado hacia la comunidad, por lo que la alternativa 2 y 3 no son su prioridad.

B. Controles administrativos

Para las soluciones administrativas se proponen tres opciones, las cuales se muestran a continuación, así como la explicación de cada una de estas. Además, en el cuadro 24 se presenta un resumen de las tres alternativas administrativas propuestas.

Cuadro 24. Componentes y costos de las alternativas de solución administrativas

Alternativa	Componentes	Costo (₡)
1. Micrófono adaptable a radio de comunicación	Micrófono adaptable a radio de comunicación <i>icom</i> utilizado en la empresa, el cual puede ser colocado cerca del oído, en el cuello y hombro.	48 831,53
2. Orejeras 3M PELTOR X4P5E	Orejeras adaptables al casco, dieléctricas con almohadillas de poliuretano.	17 362,32
3. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus	Orejeras que poseen micrófono y comunicación bilateral, adaptables al casco y a radios <i>icom</i> .	604 126,59

1. Micrófono adaptable a radio de comunicación

Esta propuesta se hizo a partir de los resultados encuesta realizada según el apéndice 6, sobre el confort acústico percibido por los trabajadores. En donde indicaron que, en ocasiones se les dificulta la comunicación por medio de radio en el área de molinos, esto debido a que el radio que poseen actualmente es inalámbrico y colocado en el pasa fajas del pantalón, lo que dificulta que llegue el mensaje con claridad al usuario.

Por lo tanto, se propone el uso de un micrófono de mano/hombro, el cual es ligero y práctico. Este posee una entrada adaptable a los radios *icom* utilizados en la planta y puede ser colocado en un lugar más cercano al oído del trabajador, donde la posibilidad de que el trabajador escuche es más alta. Dicha propuesta de micrófono se muestra a continuación en la figura 17.



Figura 17. Micrófono adaptable a radio de comunicación

2. Orejeras 3M PELTOR X4P5E

Se proponen orejeras para el personal, de todas las áreas de la planta, principalmente para el personal de molienda y Quebrador Primario. Estas son eficaces en cuanto a la protección auditiva, ya que recubren el canal auditivo por completo y no únicamente la entrada al tímpano, a como lo hacen los tapones. En la figura 18 se muestra el tipo de orejeras recomendadas.



Figura 18. Orejeras 3M PELTOR X4P5E

Las orejeras PELTOR de 3M, son aisladas eléctricamente y adaptables a cascos. Las diferentes características se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25. Características de orejeras 3M PELTOR X4P5E

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
X4P5E	Dieléctrico, fabricado con espuma de poliuretano y PVC, peso de 8.5 oz cada una	33 dB	26 dB	EN 352/1 EN 352/3

Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.

3. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Orejeras con radio bidireccional analógica preprogramada y micrófono. Aparte de proteger contra el ruido, facilita la comunicación. De igual manera, son adaptables a cascos y se muestran en la figura 19.



Figura 19. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Las orejeras PELTOR LiteCom Plus de 3M son ideales para entornos ruidosos en industrias ruidosas que aparte de la protección auditiva, requieren de una comunicación inalámbrica. En el cuadro 26 que se muestra a continuación, se mencionan las características de dichas orejeras.

Cuadro 26. Características de orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
LiteCom Plus	Micrófono resistente al agua, menú de voz, función de encendido y apagado, batería recargable, bloqueo de canal ocupado, indicador de nivel de batería, posee conector para conexión con radios marca <i>icom</i> F29SR2	31 dB	26.6 dB	EN 352-1
Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.				

Cabe mencionar que, el equipo de protección auditivo que utilizan actualmente en la planta de cemento es factible y funcional, ya que posee un NRR de 25 dB. Sin embargo, las tres opciones propuestas anteriormente son factibles, va a depender de la necesidad de la organización. En caso de que se desee mejorar la comunicación en el área de molienda, se recomienda el micrófono adaptable, si la empresa desea un nivel de reducción del ruido superior al del equipo actual, se sugiere las orejeras 3M Peltor X4P5E.

Ahora bien, en caso de que la empresa desee implementar ambas mejoras; es decir, mejorar la comunicación entre los colaboradores al realizar sus tareas y aumentar el nivel de reducción del ruido del equipo de protección personal, se recomienda las orejeras 3M Peltor LiteCom Plus. Esta última alternativa es la sugerida para la empresa.

Además, en el cuadro 27 se muestra el equipo de protección personal auditivo (EPA) actual con el que cuenta la empresa y sus características.

Cuadro 27. Características del EPA actual utilizado en la empresa

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
Orejera para casco ANKOIC	Orejeras con almohadillas de PVC y espuma en su interior, sin componentes metálicos	26,7 dB	25 dB	EN 352-1
Tapón auditivo <i>ultrafit</i> 3M PA-340-4004	Tapones con cordón, reutilizables, con diseño de triple pestaña	32,9 dB	25 dB	EN 352-2
Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.				

Además, en el cuadro 28 se muestra la matriz comparativa de los controles administrativos actuales y los propuestos en este proyecto.

Cuadro 28. Matriz comparativa de los controles administrativos actuales y los propuestos

Matriz comparativa del estado actual de los controles y los propuestos		
Control actual	Control propuesto	Beneficio
Orejera para casco ANKOIC	Orejeras 3M PELTOR X4P5E	Los dos controles propuestos poseen un mayor NRR, sobrepasa en 1 los actuales que posee la empresa
	Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus	
Tapón auditivo <i>ultrafit</i> 3M PA-340-4004	No se proponen tapones	No se proponen tapones ya que, estos únicamente recubren la entrada al tímpano y se desea un recubrimiento total del pabellón auditivo
Radio de comunicación <i>icom</i> manos libres	Micrófono adaptable a radio de comunicación	Se propone adaptar el radio de comunicación con un micrófono compatible con el actual

Programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido

En este apartado se presenta el programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario de la planta de cemento Holcim Costa Rica. Este programa cuenta con los siguientes apartados: información general de la organización, definiciones, liderazgo para la prevención de riesgos ocupacionales, participación de las personas involucradas, identificación de peligros y evaluación de riesgos, control del riesgo (donde se detalla la alternativa ingenieril de solución propuesta para el Molino Horomill y las alternativas administrativas para la planta en general), formación y capacitación, coordinación y comunicación entre empleadores, cumplimiento legal, evaluación y mejora y por último, el cronograma propuesto para la implementación de dicho programa.



**Programa para el mejoramiento de las condiciones
de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda
(Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo)
y Quebrador Primario**



**Elaborado por:
Diana Miranda Brenes**

ÍNDICE GENERAL

I. Información general de la organización	4
II. Definiciones importantes.....	4
III. Liderazgo para la prevención de riesgos ocupacionales	4
IV. Participación de las personas involucradas	8
V. Identificación de peligros y evaluación de riesgos.....	13
VI. Control del riesgo.....	19
VII. Formación y capacitación	22
VIII. Coordinación y comunicación entre empleadores.....	25
IX. Cumplimiento legal	25
X. Evaluación y mejora	26
XI. Cronograma del programa.....	¡Error! Marcador no definido.
XII. Conclusiones y recomendaciones	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Política de Salud y Seguridad	6
Figura 2. Metodología de la medición puntual de la fuente	15
Figura 3. Mediciones Molino Horomill	15
Figura 4. Mediciones Molino Crudo.....	16
Figura 5. Mediciones Molino 3	16
Figura 6. Mediciones Quebrador Primario.....	17
Figura 7. Rango en dB(A) de los NPS	17
Figura 8. Encerramiento del piñón	22
Figura 9. Micrófono adaptable a radio de comunicación	23
Figura 10. Orejeras 3M PELTOR X4P5E	24
Figura 11. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus	24
Figura 12. Fórmula de porcentaje de cumplimiento del programa.....	28
Figura 13. Cronograma Gantt de actividades del programa	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Objetivos específicos, indicadores, cálculo del indicador, metas y recursos.....	7
Cuadro 2. Matriz RACI de la asignación de responsabilidades para la implementación del programa	11
Cuadro 3. Resumen alternativa ingenieril para el Molino Horomill	20
Cuadro 4. Propuesta de recubrimiento acústico dentro del encerramiento del piñón-corona del Molino Horomill	20
Cuadro 5. Dimensiones de encerramiento del piñón para colocación de lana de roca.....	21
Cuadro 6. Pérdida de transmisión acústica.....	22
Cuadro 7. Componentes y costos de las alternativas de solución administrativas	22
Cuadro 8. Características de orejeras 3M PELTOR X4P5E.....	24
Cuadro 9. Características de orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus.....	25
Cuadro 10. Características del EPA actual utilizado en la empresa.....	26
Cuadro 10. Plan de capacitación sobre la exposición ocupacional a ruido.....	22
Cuadro 11. Requisitos legales con respecto a la exposición ocupacional a ruido	26
Cuadro 12. Plan de evaluación y cumplimiento del programa.....	27

I. Información general de la organización

Holcim Costa Rica es una empresa líder mundial en soluciones innovadoras y sostenibles para la construcción mediante cuatro segmentos de negocio: cemento, concreto/hormigón premezclado, agregados, soluciones y productos. El programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario está basado en la planta de cemento ubicada en Agua Caliente de Cartago, Costa Rica, la cual debido a su producción requiere de procesos como la quebradura de la materia prima y la molienda de esta. Dichos procesos generan altos niveles de presión sonora, los cuales superan los 85 dB(A).

II. Definiciones importantes

- Ruido: sonido molesto.
- Decibel (dB): unidad de medida de la intensidad del sonido.
- Nivel de Reducción del Ruido (NRR): unidad de medida para el rendimiento de la protección auditiva.
- Pérdida de transmisión acústica (TL): diferencia entre el umbral de audición con y sin protector auditivo.
- Nivel de exposición a ruido diario: nivel de exposición a la que puede estar sometido un trabajador en una jornada de ocho horas.
- Niveles de presión sonora (NPS): determina la intensidad del sonido

III. Liderazgo para la prevención de riesgos ocupacionales

a. Objetivos

1. *Objetivo general:*

Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores expuestos a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario de la planta de cemento Holcim Costa Rica.

2. *Objetivos específicos:*

- Desarrollar controles ingenieriles al Molino Horomill y administrativos para la planta, para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido.

- Capacitar al personal sobre la exposición ocupacional a ruido, la importancia del oído para el ser humano.
- Reducir los niveles de presión sonora del Molino Horomill, fuente más crítica identificada en la empresa.

b. Alcance

El programa busca reducir los niveles de presión sonora y así mejorar la exposición de los trabajadores del área de molienda y Quebrador Primario según las mediciones realizadas en el análisis de la situación actual. Dichas mejoras buscan ser realizadas por medio de distintos controles ingenieriles y administrativos.

c. Compromiso

Compromiso por parte de la empresa para la puesta en marcha del programa, esto gracias a su política de salud y seguridad en el trabajo, la cual se muestra en la figura 1.

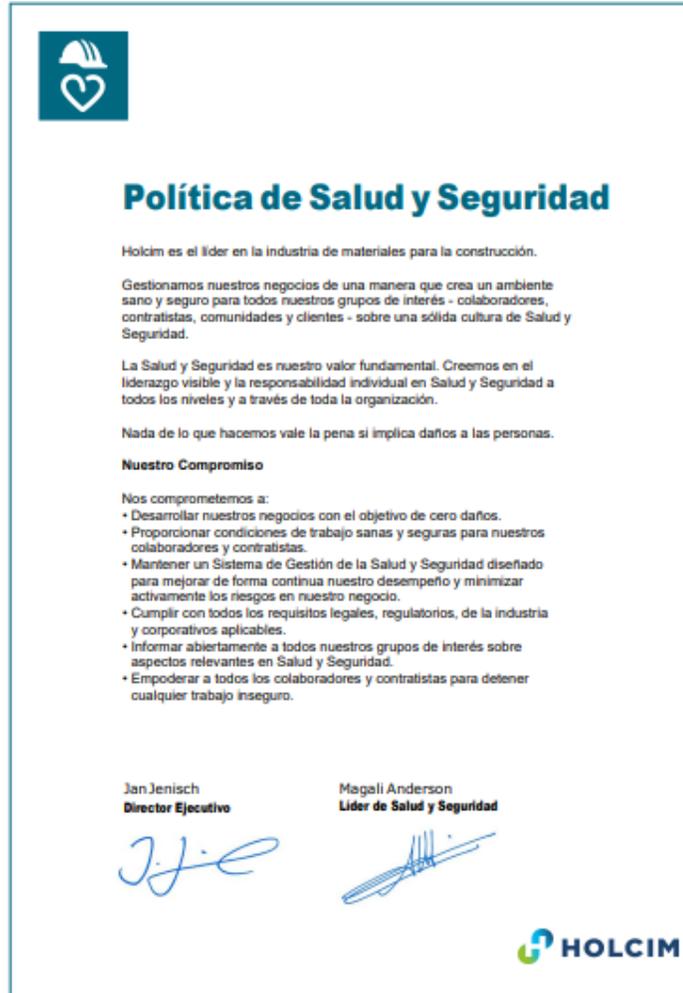


Figura 1. Política de Salud y Seguridad

Fuente: HOLCIM, 2022

d. Metas, indicadores y recursos

En el cuadro 1 se muestran las metas específicas junto con sus respectivos indicadores anuales, iniciativas y recursos. Los responsables de dicho seguimiento es el departamento de H&S.

Cuadro 1. Objetivos específicos, indicadores, cálculo del indicador, metas y recursos

Objetivo específico	Indicadores anuales	Cálculo del indicador	Metas	Recursos
Reducir los niveles de presión sonora del Molino Horomill, fuente más crítica identificada en la empresa.	Nivel de reducción del ruido al 15 % según la implementación de los controles	Realizando nuevamente las mediciones de la exposición a ruido de la fuente y comparar con las últimas mediciones realizadas	Reducir los NPS generados por el Molino Horomill	Económico, humano y tiempo
	Nivel de reducción del ruido según la implementación de controles		Reducir los NPS a los que se ven expuestos los trabajadores del área de molienda	Económico, humano y tiempo
	Porcentaje de cumplimiento de las alternativas de solución planteadas durante 1 año	$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{alternativas completadas}}{\text{total de alternativas del programa}} * 100$	Implementación de los controles ingenieriles y administrativos	Económico, humano y tiempo
Capacitar al personal sobre la exposición ocupacional a ruido, la importancia del oído para el ser humano.	Porcentaje del personal de la planta que participa en capacitaciones	Por medio de las listas de asistencia	Participación activa del personal en cuanto a capacitaciones e implementación del programa	Tecnológico, humano, tiempo y económico

e. Recursos

Para la implementación de las metas se requieren de diferentes recursos, tales como:

- Tecnológico: para la comunicación de los avances del programa y futuras actividades es necesario:
 - Computadora
 - Correo electrónico
 - Acceso a internet
 - Pantallas
 - Video beam
- Humano: se requiere de la participación de los siguientes involucrados internos y externos a la planta:

- ✓ Gerente General
- ✓ Departamento de Finanzas
- ✓ Departamento Administrativo
- ✓ Coordinadores de planta (mantenimiento, producción, ambiente, materias primas)
- ✓ Departamento de H&S
- ✓ Consultorio médico
- ✓ Supervisores de planta (mantenimiento, producción, ambiente, materias primas)
- ✓ Personal operativo propio de la planta
- ✓ Personal operativo contratista

- Tiempo: Es necesario que se brinden espacios de tiempo tanto para la implementación del programa como para la capacitación y seguimiento de este.

- Económico: para poder disminuir los niveles de presión sonora, es necesario implementar controles ingenieriles y administrativo, por lo cual es necesario el recurso monetario para la compra de los materiales necesarios.

IV. Participación de las personas involucradas

Todas las personas que laboren en la planta de cemento de Holcim Costa Rica deben tener una participación en el programa, dependiendo de su asignación de responsabilidades y tareas.

- Gerente General (GG):
 - ✓ Aprobar el programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario
 - ✓ Generar recursos económicos, humanos y tecnológicos necesarios para la implementación de dicho programa
- Departamento de Finanzas (DF):
 - ✓ Búsqueda de centro de costo al cual cargar el monto necesario para la implementación del programa.

- ✓ Aprobar el presupuesto destinado a la implementación del programa y de los controles ingenieriles y administrativos.
- Departamento Administrativo (DA):
 - ✓ Búsqueda de proveedores para la implementación de los controles ingenieriles y administrativos.
 - ✓ Comunicar al personal externo sobre la implementación del programa y los requisitos mínimos a cumplir.
- Departamento de H&S (H&S):
 - ✓ Líder del presente programa
 - ✓ Gestionar recursos económicos, humanos y tecnológicos para la implementación del programa y de la puesta en marcha de los controles ingenieriles y administrativos.
 - ✓ Brindar capacitación al personal de la planta con los resultados del análisis de la situación actual.
 - ✓ Brindar capacitación al personal de la planta sobre el mantenimiento del equipo de protección auditiva.
 - ✓ Reaplicar de manera anual las mediciones puntuales de la fuente en el área de molienda y de la exposición personal a ruido del personal operativo de producción del área de molienda.
- Consultorio médico (CM):
 - ✓ Capacitar al personal de la planta sobre la importancia del cuidado auditivo.
 - ✓ Seguimiento de los casos de incapacidades (en caso de existencia) relacionadas a la exposición a ruido.
 - ✓ Brindar informe al Departamento de H&S del estatus de las audiometrías anuales.
 - ✓ Apoyar al Departamento de H&S en la implementación del programa.
- Coordinadores de planta (CO):
 - ✓ Encargados de supervisar el cumplimiento del programa.

- ✓ Brindar apoyo en las actividades de implementación del programa.
- ✓ Comunicar al departamento de H&S posibles opciones de mejora.

- Supervisores de planta (SUP):
 - ✓ Brindar apoyo en campo a los coordinadores de planta según su departamento (mantenimiento, producción, ambiente, materias primas).
 - ✓ Comunicar al Departamento de H&S posibles opciones de mejora del programa.

- Personal operativo propio del departamento de mantenimiento (MTTO) y producción (PRO):
 - ✓ Participar en las capacitaciones y en la comunicación del informe de la situación actual de la exposición ocupacional a ruido de la planta de cemento.
 - ✓ Realizar la instalación de los controles ingenieriles (MTTO).
 - ✓ Realizar el mantenimiento necesario a las máquinas y equipos del área de molienda y Quebrador Primario (MTTO)
 - ✓ Comunicar oportunidades de mejora del programa al Departamento de H&S

- Personal operativo contratistas (CT):
 - ✓ Participar en las capacitaciones y en la comunicación del informe de la situación actual de la exposición ocupacional a ruido de la planta de cemento.
 - ✓ Poner en práctica el programa según sus roles y responsabilidades asignadas.
 - ✓ Comunicar oportunidades de mejora del programa al Departamento de H&S.

A continuación, se muestra la matriz de asignación de responsabilidades RACI, para el personal involucrado en la implementación del programa.

Cuadro 2. Matriz RACI de la asignación de responsabilidades para la implementación del programa

Matriz de asignación de responsabilidades RACI										
Tarea	GG	DF	DA	H&S	CM	CO	SUP	MTTO	PROD	CT
Aprobar el programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomill, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario	R			C	I	C		I	I	I
Generar recursos económicos, humanos y tecnológicos necesarios para la implementación de dicho programa	R	A		C						
Búsqueda de centro de costo al cual cargar el monto necesario para la implementación del programa	I	R		C						
Aprobar el presupuesto destinado a la implementación del programa y de los controles ingenieriles y administrativos		R	A	C		I				
Búsqueda de proveedores para la implementación de los controles ingenieriles y administrativos		R	A			I				
Comunicar al personal externo sobre la implementación del programa y los requisitos mínimos a seguir			R			A	C			I
Liderar el presente programa	I	I	I	R	A	A	I	I	I	I
Gestionar recursos económicos, humanos y tecnológicos para la implementación del programa y de la puesta en marcha de los controles ingenieriles y administrativos.	C	A	A	R		I				
Brindar capacitación con los resultados del análisis de la situación actual y mantenimiento del equipo de protección auditiva	A			R		C		I	I	I
Brindar capacitación al personal de la planta sobre el mantenimiento del equipo de protección auditiva.	A			R		C		I	I	I
Reaplicar de manera anual las mediciones puntuales de la fuente en el área de molienda y de la exposición personal a ruido del personal operativo de producción del área de molienda.				R						

Capacitar al personal sobre la importancia del cuidado auditivo				A	R			I	I	I
Seguimiento de los casos (en caso de existencia) de incapacidades relacionadas a la exposición a ruido				A	R			I		
Brindar informe al Departamento de H&S del estatus de las audiometrías anuales				A	R			I		
Apoyar al departamento de H&S en la implementación del programa	A			A	R			C		
Encargados de supervisar el cumplimiento del programa							R			
Comunicar al departamento de H&S posibles opciones de mejora	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Brindar apoyo en campo a los coordinadores de planta según su departamento (mantenimiento, producción, ambiente, materias primas).							R		R	R
Participar en las capacitaciones y en la comunicación del informe de la situación actual de la exposición ocupacional a ruido de la planta de cemento.	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Realizar la instalación de los controles ingenieriles							A	C	R	I
Realizar el mantenimiento necesario a las máquinas y equipos del área de molienda y Quebrador Primario							A	C	R	I
Comunicar oportunidades de mejora del programa al Departamento de H&S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Poner en práctica el presente programa	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Abreviaturas: R: responsable de ejecución A: aprobador (responsable último) C: persona a consultar I: persona por informar	GG: Gerente General DF: Departamento de Finanzas DA: Departamento Administrativo H&S: Salud y Seguridad Ocupacional CM: Consultorio Médico CO: Coordinadores de todos los departamentos SUP: Supervisores de todos los departamentos MTTO: Mantenimiento (preventivo, correctivo y eléctrico) PROD: Producción CT: Contratistas									

V. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

a. Estudio previo de la exposición a ruido

Para la recolección de la información existente sobre los peligros y riesgos relacionados a la exposición a ruido, es necesaria la aplicación de ciertas herramientas, para analizar los datos que se recopilen. Las herramientas por utilizar se describen a continuación.

1. Planos existentes de la evaluación de exposición a ruido realizada por la empresa

Los planos de las evaluaciones anteriores de la exposición ocupacional a ruido permiten realizar una comparación con respecto a las condiciones que se identifiquen, para así conocer si existen variaciones entre las mediciones anteriores y las actuales, o si existen zonas más críticas con prioridad de actuación.

2. Informe de audiodosimetrías realizadas por la empresa

Los informes de audiodosimetrías permiten conocer si hay puestos, tareas o jornadas con altos niveles de exposición al ruido que requieren prioridad de actuación por medio de controles ingenieriles y administrativos.

3. Entrevista semiestructurada, sobre el mantenimiento y fabricación de las instalaciones y las máquinas

Las entrevistas permiten identificar si por el principio de funcionamiento de las máquinas y equipos existen zonas que generen altos niveles de presión sonora y que requieren mantenimiento periódico o más interacción máquina-trabajador.

4. Audiometrías

El consultorio médico al realizar exámenes anuales e incluir audiometrías, puede generar un informe por puesto o área de trabajo con el personal que tiende a presentar alteraciones o inconformidades en su jornada laboral por la exposición al ruido.

b. Evaluación de la exposición a ruido

Ahora bien, para conocer las condiciones actuales de los niveles de presión sonora, se procede a realizar una evaluación con la ayuda de distintas herramientas, las cuales se mencionan a continuación.

1. Cuestionario sobre el confort acústico

El personal operativo desempeña sus funciones diarias en el campo, son los que conocen sobre las zonas más ruidosas y su confort acústico al realizar las tareas asignadas. Se deben realizar preguntas basadas en el Cuestionario “Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico” según el apéndice 6.

2. Medición puntual de la fuente

Esta metodología es ideal para conocer los niveles de presión sonora puntual en una fuente determinada, se procede a realizar las mediciones en cada zona seleccionada siguiendo los pasos que se indican a continuación:

- Utilizar un sonómetro de bandas de octava debidamente calibrado.
- Colocar el micrófono en dirección a la fuente.
- La altura del micrófono debe de estar a 1,3 metros del piso.
- El sonómetro debe de estar en decibeles (A).
- Esperar alrededor de 30 segundos a que se estabilice el equipo para tomar el dato (revisar el manual del fabricante del sonómetro)
- Realizar un barrido de frecuencias en el punto más alto (para conocer la frecuencia predominante).

Existe un boceto para cada una de las fuentes (ver figura 2) en las cuales se debe de realizar las mediciones siguiendo la numeración de los puntos y anotar dichos datos en la bitácora de muestreo del apéndice 8. Para cada una de las zonas a muestrear, está establecida la numeración a seguir para así poder comparar los resultados.

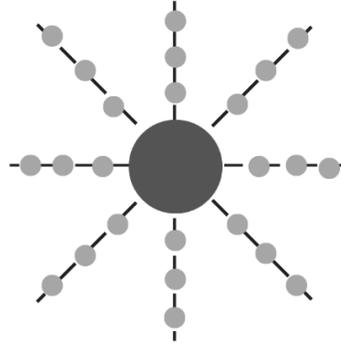


Figura 2. Metodología de la medición puntual de la fuente

En el caso del Molino Horomill, las mediciones se deben realizar según lo mostrado en la figura 3 y a 1 metro de distancia de la fuente.



Figura 3. Mediciones Molino Horomill

En el Molino Horomill piso 2 las mediciones se realizan de la siguiente manera:

- Iniciar en el punto 1 al frente del 565 ML1.
- Finalizar en el punto 8 diagonal al tornillo.

Mientras que, en el piso 2.5 (entre piso), las mediciones se realizan de la siguiente manera:

- Dan inicio en el punto 1 que se refiere a la entrada de material al molino.
- Finaliza en el punto 5, esquina este del molino.

Por otra parte, las mediciones realizadas en el Molino Crudo piso 1 y piso 2 se hacen únicamente con el micrófono a 1 metro de distancia de la fuente, con base a la figura 4.

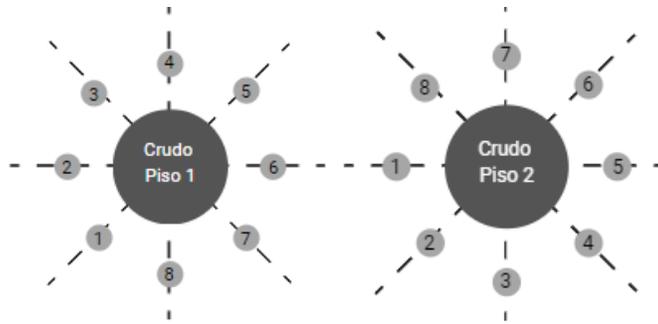


Figura 4. Mediciones Molino Crudo

En el piso 1 del Molino Crudo, las mediciones se realizan de la siguiente manera:

- Mediciones inician en el punto 1, en el 361 TK1.
- Finalizan las mediciones en el punto 8, entre el punto de anclaje 10 y 4.

Mientras que en el piso 2, las mediciones se realizan de la siguiente manera:

- Inicia la medición en el punto 1 en la entrada mesa del molino.
- Finaliza la medición en el punto 8 en el 331-MR1-3B.

Ahora bien, en el Molino 3 solo se realizan mediciones en el piso 1 a 1 metro de distancia de la fuente. El patrón de medidas se muestra en la figura 5.



Figura 5. Mediciones Molino 3

En este caso en el Molino 3, las mediciones se realizan de la siguiente manera:

- Iniciar en el punto 1, el cual hace referencia a la puerta y entrada oeste, en el encerramiento del molino.
- Finaliza la medición en el punto 7, en la entrada este del encerramiento.

Por último, las mediciones en el Quebrador Primario deben cumplir el patrón que se evidencia en la figura 6.

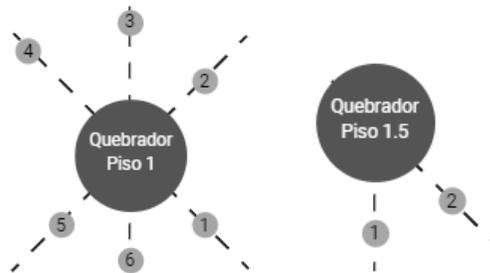


Figura 6. Mediciones Quebrador Primario

En el Quebrador Primario, dada las condiciones del lugar, en el piso 1 las mediciones deben realizarse de la siguiente forma:

- Se inicia la medición en el punto 1, en la entrada principal del quebrador.
- Finalizan las mediciones en el punto 6, puerta de abertura para el cambio de mazos.
- En el punto 3 y 4 se realizan mediciones a una distancia de 2 metros de la fuente por la obstrucción de equipos.

Mientras que en el piso 1.5 las mediciones se realizan de la siguiente forma:

- Iniciar en el punto 1, en el descanso después de subir las gradas de la entrada principal.
- Finalizar en el punto 2, en las gradas.

Cabe mencionar que después de realizar el registro de los NPS se debe establecer un rango para la clasificación de dichos niveles de presión sonora, el cual se muestra en la figura 7. Esto tanto para el área de molienda como en el Quebrador Primario.

Rango	Color
80-84.9	Amarelo
85-89.9	Laranja
90-94,9	Verde
>95	Purpura

Figura 7. Rango en dB(A) de los NPS

Una vez obtenidos los resultados se procede a comparar con los obtenidos en las mediciones anteriores, para así conocer si existen modificaciones o no en los niveles de

presión sonora. A su vez, se compara con la normativa nacional para identificar si se cumple con lo establecido por obligatoriedad a nivel de Costa Rica.

3. Audiosimetrías

Estas se deben de realizar con una evaluación de la jornada completa para conocer los niveles de presión sonora que reciben los trabajadores durante la jornada laboral. Las audiometrías se realizan al personal operativo del área de producción, específicamente a los del departamento de molienda. Dicho esto, se deben de realizar:

- Tres mediciones de una jornada completa de cada uno de los trabajadores y anotar los datos en una bitácora según el apéndice 10.
- Calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado.
- Calcular la media energética de las mediciones.
- Identificar si el personal se encuentra sobre expuesto o no según el estándar de la empresa y la normativa nacional.

a. Vigilancia médica

1. Alcance

Mantener el estatus de los colaboradores en cuanto a la exposición ocupacional a ruido en la planta de cemento.

2. Propósito

- Identificar los trabajadores más expuestos al ruido en la planta de cemento, área de molienda.
- Generar informes semestrales sobre molestias e inconformidades relacionadas a la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores de la planta de cemento.
- Control y seguimiento anual de audiometrías del personal de la planta.

3. Responsables

- Consultorio médico
- Departamento de H&S

4. Frecuencia

El control y seguimiento de las audiometrías e incapacidades debe de realizarse de manera anual, cuando se analizan los estudios de los exámenes que se efectúan todos los años, mientras que los informes sobre molestias e inconformidades se debe realizar de manera semestral.

Cabe mencionar que, las mediciones puntuales de la fuente y de exposición personal a ruido deben repetirse en caso de:

- Cambios en el proceso o tareas.
- Cambios en las máquinas y equipos.
- Cambios normativos a nivel nacional.
- Presentarse un aumento en los NPS descrito por los colaboradores.
- Anual según el estándar de la empresa.

b. Investigación de accidentes e incidentes

Para la investigación de incidentes y accidentes deben de colaborar los involucrados, el Departamento de H&S, el coordinador y supervisor del área o departamento donde hayan ocurrido los hechos.

Hay que recordar que, para evitar incidentes y accidentes se utilizan diferentes herramientas para el análisis de riesgos, de igual manera se pueden reportar comportamientos no deseados (VPC's) por medio de los códigos QR que se encuentran alrededor de las instalaciones.

VI. Control del riesgo de la exposición a ruido

Para el control del riesgo en el Molino Horomill se proponen diferentes alternativas ingenieriles y administrativas, esto con base al área más crítica después de las mediciones de la situación actual; es decir, el Molino Horomill. Además, se toma en cuenta que la empresa desea que la alternativa sea en beneficio de la exposición ocupacional a ruido de los colaboradores del área de molienda y no en beneficio de la comunidad.

En el cuadro 3 se presenta un resumen de la alternativa de control ingenieril propuesta para el Molino Horomill

Cuadro 3. Resumen alternativa ingenieril para el Molino Horomill

Alternativa	Componentes	Costo (₡) + 13 % IVA
Recubrimiento del encerramiento del piñón-corona	Recubrimiento dentro del encerramiento del piñón-corona con lana de roca, ligera, resistente al fuego, inorgánica, color amarillento	216 006,23

Se propone recubrir con lana de roca dentro del encerramiento del piñón-corna del molino. Lo anterior sin modificar el funcionamiento de dicho piñón y sin alterar la producción del molino. En el cuadro 4 se detallan las características de esta alternativa.

Cuadro 4. Propuesta de recubrimiento acústico dentro del encerramiento del piñón-corona del Molino Horomill

Características	Descripción
Ilustración	
Material	Lana de roca
Proveedor	Refractarios la Uruca S.A.
Marca	Thermafiber
Coefficiente de reducción del ruido	1,27 a 500 Hz
Otras características	Ligera, repelente al agua y resistente al fuego, inorgánica, color amarillo, libre de asbesto y antibacteriana
Dimensiones	4" x 1. m ancho x 5 m de largo, densidad de 2.5
Cantidad	3 unidades
Costo (₡)	Lana (unidad): 56 669,5
	Total de 3 lanas: 170 008,5
	Adhesivo cola para la instalación (unidad): 45 997,73
	Total de adhesivos: 45 997,73
	Instalación: 0 (realizado por el departamento de Mantenimiento Preventivo de Holcim Costa Rica)
Costo final total + 13% IVA: 216 006,23	

Para esta alternativa se propone colocar dentro del encerramiento del piñón que se une con la corona, láminas de lana de roca y adherirlas con adhesivo cola Ryant para placas acústicas. Dicha lana posee un alto coeficiente de reducción del ruido a la frecuencia predominante de dicho molino de 500 Hz, con un valor del coeficiente de reducción del ruido de 1,27. Las dimensiones del encerramiento del piñón-corona se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Dimensiones de encerramiento del piñón para colocación de lana de roca

Dimensión	Metros (m)
Largo	1,2
Ancho	0,827
Alto	1,256

El funcionamiento del piñón no generaría calentamiento dentro del encerramiento, por lo tanto, no es necesario hacer orificios para ventilación ni colocar equipo adicional. Lo anterior debido a que la lana de roca seleccionada posee tolerancia a una temperatura máxima de 204 °C, mientras que el fabricante indica que, cuando las temperaturas internas son mayores a 232 °C se requiere de soporte mecánico. Cabe destacar que, la temperatura del área cuando el molino está en funcionamiento ronda los 190 °C.

El no crear orificios para ventilación permite que no se escape el ruido por dichos agujeros, lo cual vuelve más efectiva dicha propuesta. A continuación, se muestra el encerramiento metálico del piñón-corona donde se colocará la lana de roca.



Figura 8. Encerramiento del piñón-corona

La instalación de la lana de roca en el encerramiento del piñón-corona muestra una pérdida de transmisión acústica (TL) que, se evidencia en el cuadro 6.

Cuadro 6. Pérdida de transmisión acústica

Material	TL
Metal del encerramiento	34
Lana de roca	15

En cuanto a las soluciones administrativas, se proponen tres alternativas de solución resumidas en el cuadro 7.

Cuadro 7. Componentes y costos de las alternativas de solución administrativas

Alternativa	Componentes	Costo (₡) + 13 % IVA
Micrófono adaptable a radio de comunicación	Micrófono adaptable a radio de comunicación <i>icom</i> utilizado en la empresa, el cual puede ser colocado cerca del oído, en el cuello y hombro.	48 831,53
Orejeras 3M PELTOR X4P5E	Orejeras adaptables al casco, dieléctricas con almohadillas de poliuretano.	17 362,32
Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus	Orejeras que poseen micrófono y comunicación bilateral, adaptables al casco y a radios <i>icom</i> .	604 126,59

La empresa cuenta con controles administrativos adecuados según la industria y la atenuación requerida; sin embargo, se plantean opciones con NRR de mayor grados y mejor comodidad para el colaborador.

A continuación, se detalla cada una d las alternativas administrativas planteadas.

1. Micrófono adaptable a radio de comunicación

Esta propuesta se hizo a partir de los resultados encuesta realizada según el apéndice 6, sobre el confort acústico percibido por los trabajadores. En donde indicaron que, en ocasiones se les dificulta la comunicación por medio de radio en el área de molinos, esto debido a que el radio que poseen actualmente es inalámbrico y colocado en el pasa fajas del pantalón, lo que dificulta que llegue el mensaje con claridad al usuario.

Por lo tanto, se propone el uso de un micrófono de mano/hombro, el cual es ligero y práctico. Este posee una entrada adaptable a los radios *icom* utilizados en la planta y puede ser colocado en un lugar más cercano al oído del trabajador, donde la posibilidad de que el trabajador escuche es más alta. Dicha propuesta de micrófono se muestra a continuación en la figura 9.



Figura 9. Micrófono adaptable a radio de comunicación

2. Orejeras 3M PELTOR X4P5E

Se proponen orejeras para el personal, de todas las áreas de la planta, principalmente para el personal de molienda y Quebrador Primario. Estas son eficaces en cuanto a la protección auditiva, ya que recubren el canal auditivo por completo y no únicamente la entrada al tímpano, a como lo hacen los tapones. En la figura 10 se muestra el tipo de orejeras recomendadas.



Figura 10. Orejeras 3M PELTOR X4P5E

Las orejeras PELTOR de 3M, son aisladas eléctricamente y adaptables a cascos. Las diferentes descripciones se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Características de orejeras 3M PELTOR X4P5E

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
X4P5E	Dieléctrico, fabricado con espuma de poliuretano y PVC, peso de 8.5 oz cada una	33 dB	26 dB	EN 352/1 EN 352/3
Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.				

3. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Orejeras con radio bidireccional analógica preprogramada y micrófono. Aparte de proteger contra el ruido, facilita la comunicación. De igual manera, son adaptables a cascos y se muestran en la figura 11.



Figura 11. Orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Las orejeras PELTOR LiteCom Plus de 3M son ideales para entornos ruidosos en industrias ruidosas que aparte de la protección auditiva, requieren de una comunicación inalámbrica. En el cuadro 9 que se muestra a continuación, se mencionan las características de dichas orejeras.

Cuadro 9. Características de orejeras 3M PELTOR LiteCom Plus

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
LiteCom Plus	Micrófono resistente al agua, menú de voz, función de encendido y apagado, batería recargable, bloqueo de canal ocupado, indicador de nivel de batería, posee conector para conexión con radios marca <i>icom</i> F29SR2	31 dB	26.6 dB	EN 352-1
Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.				

Cabe mencionar que, el equipo de protección auditivo que utilizan actualmente en la planta de cemento es factible y funcional, ya que posee un NRR de 25 dB. Sin embargo, cualquiera de las tres opciones propuestas anteriormente son factibles, queda a criterio de la organización su selección en caso de que se desee basar la selección en una mayor comodidad para el personal. En el cuadro 27 se muestra el equipo de protección personal auditivo (EPA) actual con el que cuenta la empresa y sus características.

Cuadro 10. Características del EPA actual utilizado en la empresa

Modelo	Características	Atenuación (SNR) A 500 Hz	NRR	Normativa*
Orejera para casco ANKOIC	Orejas con almohadillas de PVC y espuma en su interior, sin componentes metálicos	26,7 dB	25 dB	EN 352-1
Tapón auditivo <i>ultrafit</i> 3M PA-340-4004	Tapones con cordón, reutilizables, con diseño de triple pestaña	32,9 dB	25 dB	EN 352-2
Es importante mencionar que la empresa posee un estándar de protección auditiva, el cual indica que dicho equipo de protección debe cumplir con la norma EN 352 y sus variaciones según aplique.				

Además, en el cuadro 11 se muestra la matriz comparativa de los controles administrativos actuales y los propuestos en este proyecto.

Cuadro 11. Matriz comparativa de los controles administrativos actuales y los propuestos

Matriz comparativa del estado actual de los controles y los propuestos		
Control actual	Control propuesto	Beneficio
Orejera para casco ANKOIC	Orejas 3M PELTOR X4P5E	Los dos controles propuestos poseen un mayor NRR, sobrepasa en 1 los actuales que posee la empresa
	Orejas 3M PELTOR LiteCom Plus	
Tapón auditivo <i>ultrafit</i> 3M PA-340-4004	No se proponen tapones	No se proponen tapones ya que, estos únicamente recubren la entrada al tímpano y se desea un recubrimiento total del pabellón auditivo
Radio de comunicación <i>icom</i> manos libres	Micrófono adaptable a radio de comunicación	Se propone adaptar el radio de comunicación con un micrófono compatible con el actual

VII. Formación y capacitación

Las capacitaciones buscan que el personal se mantenga informado sobre la implementación del programa, la exposición ocupacional a ruido en la empresa y la importancia del cuidado del oído. Las charlas deben ser brindadas por personal capacitado en el área como lo son las personas del Departamento de H&S y el personal de Consultorio Médico, que poseen los conocimientos necesarios y requeridos según la capacitación. El plan de capacitación se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Plan de capacitación sobre la exposición ocupacional a ruido

Tema	Objetivo	Contenido temático	Grupo meta	Recurso	Duración	Responsables	Costo	Frecuencia
Generalidades del programa	Comprender el programa y las alternativas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de ruido • Objetivo • Identificación de riesgos y peligros • Posibles controles del riesgo y peligro • Datos obtenidos en el análisis de la situación actual 	Todo el personal de la planta de cemento, tanto personal propio como contratistas	<ul style="list-style-type: none"> • Parlante • Micrófono • Afiches • Correo electrónico • Computadora • Video beam • Hoja de asistencia 	30 minutos	Departamento de H&S	Las capacitaciones no representan gastos adicionales para la compañía, debido a que el personal a cargo de H&S es el de la empresa al igual que el personal del consultorio médico. Además, serán capacitaciones impartidas dentro de la jornada laboral	Una única vez
Importancia del oído	Comunicar la importancia del oído para el ser humano y para la realización	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo está conformado el oído? • Funciones del oído • Trayectoria auditiva 		<ul style="list-style-type: none"> • Momentos de seguridad en cada frente de trabajo (de todos los departamentos) • Afiches 	15 minutos	Consultorio médico		Cada 6 meses

	de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Desventajas de la pérdida auditiva 		<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías • Correo electrónico • Hoja de asistencia 			de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.	
Exposición ocupacional a ruido	Conocer el significado de la exposición ocupacional a ruido en una jornada laboral	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué es el ruido? • Jornada laboral • ¿Qué es la exposición laboral? • ¿Cuántos decibeles recibimos en una jornada laboral? 		<ul style="list-style-type: none"> • Afiches • Panfletos • Comunicado enviado por correo electrónico 	20 minutos	Departamento de H&S y consultorio médico		
Uso correcto del equipo de protección auditiva y su adecuado mantenimiento	Mejorar las buenas prácticas en cuanto al uso y cuidado de la protección auditiva	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué debo de revisarle el EPA antes de su uso? • ¿Cómo colocar las orejeras? • ¿Cómo limpiar las orejeras? • ¿Cómo guardar las orejeras? • ¿Puedo utilizarlas cuando llueve? • ¿Cómo cambiar las almohadillas? 		<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías del EPA • Orejeras para la demostración • Hoja de asistencia 	15 minutos	Departamento de H&S		

Se realizarán visitas a campo para interactuar con los colaboradores y conocer si realmente pusieron a tensión en las capacitaciones brindadas. El personal nuevo recibirá su capacitación según planeación del Departamento de H&S y consultorio médico, asistirá a la próxima ya que serán cada 6 meses. De igual forma, el Departamento de H&S deberá estar anuente a recibir retroalimentación por parte del personal.

VIII. Coordinación y comunicación entre empleadores

La empresa cuenta con personal contratista en las instalaciones de la planta de cemento durante todo el año, a lo largo de las diferentes actividades de producción y mantenimiento. Por lo tanto, a la hora de realizar las capacitaciones se hacen de manera que se incluya no solo al personal propio si no que al personal contratista también. Además, es importante mencionar que el personal contratista se rige por medio del documento de Proveedores Sustentables que deberá de ser solicitado al departamento de proveeduría, el cual indica el involucramiento de estos en todas las actividades.

Cabe mencionar que, la idea de las capacitaciones es que estas se desarrollen en los momentos de seguridad que se realizan diariamente en los diferentes departamentos, áreas o frentes de trabajo y es aquí donde todo el personal operativo está junto (incluyendo personal Holcim y contratistas).

IX. Cumplimiento legal

En el cuadro 11 se establecen los requisitos legales en Costa Rica que aplican con respecto a la exposición ocupacional a ruido.

Cuadro 11. Requisitos legales con respecto a la exposición ocupacional a ruido

Requisito legal	Criterio
Reglamento para el control de ruidos y vibraciones	Artículo 4°: Toda máquina, equipo o aparato que pueda producir ruido cuya intensidad sea superior a 85 dB (A) deberán ser instalados en forma tal que se eliminen o reduzcan los ruidos y las vibraciones, así como su propagación.
	Artículo 5°: Las instalaciones ruidosas deberán ser separadas de las áreas contiguas con material aislador de sonido.
	Artículo 12°: En la eventualidad de que, pese a haberse cumplido con las prescripciones que señala este Reglamento, no se consiga disminuir la intensidad del ruido a menos de 85 dB (A) deberá dotarse a los trabajadores de los dispositivos de uso personal que disminuyan su exposición a menos de 85 dB (A) en el ambiente de trabajo.
	Artículo 17°: En toda empresa o lugar de trabajo calificado como ruidoso se deberá mantener una existencia como dispositivos de protección personal, de uso individual, que tengan como fin atenuar los ruidos a niveles por Establecidos por este Reglamento.
	Artículo 18°: En los locales de trabajo cuya intensidad superior a 85 dB (A) no se permitirá una exposición mayor a los trabajadores de 8 horas en el día y de 6 horas en la noche.
Código de Trabajo	Artículo 273.- Declárase de interés público todo lo referente a salud ocupacional, que tiene como finalidad promover y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social del trabajador en general; prevenir todo daño causado a la salud de éste por las condiciones del trabajo; protegerlo en su empleo contra los riesgos resultantes de la existencia de agentes nocivos a la salud; colocar y mantener al trabajador en un empleo con sus aptitudes fisiológicas y psicológicas y, en síntesis, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su tarea.
Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido N° 28718-S	Artículo 28- Monitoreo. El Ministerio de Salud, podrá solicitarle a las personas físicas y jurídicas que tienen fuentes emisoras de ruido, a que instale, opere y mantenga equipo de monitoreo, así mismo proceder a la preparación y redacción de informes sobre la misma, cuando lo considere oportuno.

X. Evaluación y mejora del programa

Según la INTE T229:2016 para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo, se puede cuantificar el cumplimiento de las actividades del programa y de las actividades propuestas.

- Propósito

Evaluar el cumplimiento del programa de mejoramiento para las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda (Molino Horomiil, Molino 3 y Molino Crudo) y Quebrador Primario.

- Responsables

- Gerente General
- Departamento de H&S (líder del programa)

a. Seguimiento del programa

En el cuadro 12 se muestra el plan de evaluación y cumplimiento del programa.

Cuadro 12. Plan de evaluación y cumplimiento del programa

Componente	Herramienta	Responsable	Verificación	Frecuencia
Identificación de riesgos y peligros	<ul style="list-style-type: none"> • Exámenes médicos • VPC's 	<ul style="list-style-type: none"> • Médico de empresa • Departamento de H&S 	Inspecciones en campo de permisos de trabajo, análisis de trabajo seguro, identificación de comportamientos no deseados	Anual
Control de los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Controles ingenieriles • Controles administrativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente General • Coordinadores • Departamento de H&S • Departamento de finanzas • Gerente general • Personal de mantenimiento 	Realizar nuevas mediciones de exposición ocupacional a ruido después de la aplicación de los controles	
Formación y capacitación	Capacitación en temas de: <ul style="list-style-type: none"> • Exposición a ruido • Importancia del oído • Uso correcto del equipo de protección auditiva • Mantenimiento del equipo de protección auditiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultorio médico • Departamento de H&S 	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de las listas de asistencia a las capacitaciones • Revisiones en campo del Análisis Personal del Riesgo (APR), el cual involucra un criterio personal del colaborador 	Cada 6 meses
Cumplimiento legal	Constante actualización de normas y criterios de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento Administrativo (legal) • Departamento de H&S 	Por medio de auditorías internas con plantillas del área de finanzas	Anual

b. Cumplimiento del programa

Para el cumplimiento de la implementación del programa se tiene un lapso de un año, el cual fue establecido por la misma organización, de forma que las mejoras se vayan realizando por lapsos de tiempo con mejorías graduales y evidentes para toda la organización. En la figura 12 se muestra la ecuación para conocer el porcentaje de cumplimiento del programa.

$$\text{Porcentaje de cumplimiento} = \frac{\text{apartados completos}}{\text{Total de apartados del programa}} * 100$$

Figura 12. Fórmula de porcentaje de cumplimiento del programa

Al indicar que se propone un año de lapso para el cumplimiento, el porcentaje de cumplimiento se debe de calcular a los seis y 12 meses de haber iniciado el programa, la aplicación de dicha fórmula estará a cargo del departamento líder del programa; es decir, H&S.

XI. Cumplimiento del programa

En la figura 13 se muestra el cronograma Gantt de actividades de las actividades del programa para su completa implementación.

XII. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se disminuyen los niveles de presión sonora por medio de, controles ingenieriles puntuales aplicados en la fuente problemática y controles administrativos gracias a las propuestas brindadas.
- Se brindará un plan de capacitación al personal propio y contratista sobre la exposición ocupacional a ruido.
- Se brinda una propuesta del posible plazo para el cumplimiento del programa y de la implementación de los controles gracias a los responsables y recursos brindados.

Recomendaciones

- Realizar nuevas mediciones tanto de la fuente como de audiodosimetrías para verificar la veracidad de los controles y el cumplimiento de estos.
- Realizar un programa que involucre controles para el resto de las fuentes con altos niveles de presión sonora.
- El líder del programa debe modificar el mismo en caso de que existan cambios en los procesos, máquinas, equipos, equipo de protección, entre otros.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Médica Mundial. (2017). Declaración de la AMM sobre la contaminación acústica. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-la-amm-sobre-la-contaminacion-acustica>
- Barrios-Castañeda, P., Ruiz, L. A., & González Guerrero, K. (2012). La bitácora como instrumento para seguimiento y evaluación - Formación de residentes en el programa de Oftalmología -. *Investigaciones Andina*, 14(24),402-412. ISSN: 0124-8146. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=239024334004>
- Burgos Bustamante, M. R., & Martínez Manotoa, L. Y. (2021). Estudio de niveles de presión sonora y propuesta de mitigación de ruido en empresa productora de hormigón.
- Carrillo, W. (2003). Uso de explosivos en demoliciones para voladuras controladas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, (13),109-118. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101312>
- Consejo de Salud Ocupacional [CSO]. (2021). *Costa Rica: Estadísticas de Salud Ocupacional* [Archivo PDF]. https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf
- Córdoba Gamboa, L., Hidalgo Barrantes, D., Rojas Garbanzo, M., & Víquez Zamora, D. (2016). Estudio descriptivo de las condiciones de salud, trabajo y ambiente de los recuperadores de residuos sólidos valorizables en Costa Rica.
- Disensa. (2022). *Quiénes somos*. <https://disensa.cr/quienes-somos/>
- Dueñas-Rossi, M. (2022). *Involucrados en proyectos*. <https://www.pmconsul.com/matriz-de-involucrados-2/>
- Figuerola, N. (2012). Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM). *Buenos Aires-Argentina*.
- Flores Pilco, D. A. (2021). Daño auditivo en trabajadores por exposición a ruido laboral. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S2), 117-122.

- Ganime, J.F., Almeida da Silva, L., Robazzi, ML do C.C., Valenzuela Sauzo, S., & Faleiro, S.A. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería Global*, (19). http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412010000200020&lng=es&tlng=es
- Ganime, J. F., Da Silva, L. A., Robazzi, M. D., Sauzo, S. V., & Faleiro, S. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería global*, 9(2).
- Geocycle. (2022). *About Geocycle*. <https://www.geocycle.com/about-geocycle>
- Gobierno de la República. (1979). Decreto N° 10541-TSS. Reglamento para el control de ruidos y vibraciones. Pub, L. No. 10541- TSS. https://www.cso.go.cr/legislacion/decretos_normativa_reglamentaria/Reglamento%20Control%20Ruidos%20Vibraciones.pdf
- Gómez Casal, M, & Salinas Granell, MB. (2018). Gestión de la dosis operacional y de los dosímetros en la Cadena Sanitaria en Operaciones. *Sanidad Militar*, 74(1), 24-25. <https://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100005>
- Hernández, D. R. (2012). *Sonómetro digital. Ciudad de México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.*
- Hinojosa, M. A. (2003). Diagrama de gantt. *Producción, procesos y operaciones*, 48.
- Holcim Costa Rica. (2022). *¿Qué hacemos?* <https://www.holcim.cr/que-hacemos>
- Holcim Costa Rica. (2022). *¿Quiénes somos?* <https://www.holcim.cr/quienes-somos>
- Holcim Costa Rica. (2022). *¿Quiénes somos? Perfil corporativo.* <https://www.holcim.cr/perfil-corporativo>
- Ingeniería Química. (3 de noviembre de 2020). *Proceso de fabricación del cemento.* Proceso de fabricación del cemento (ingenieriaquimicareviews.com)
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO]. (2018). Normas técnicas permitirán minimizar el impacto a la salud originado por ruidos y vibraciones. <https://www.inteco.org/blog/noticias-2/normas-tecnicas-permitiran-minimizar-el-impacto-a-la-salud-originado-por-ruidos-y-vibraciones-174>

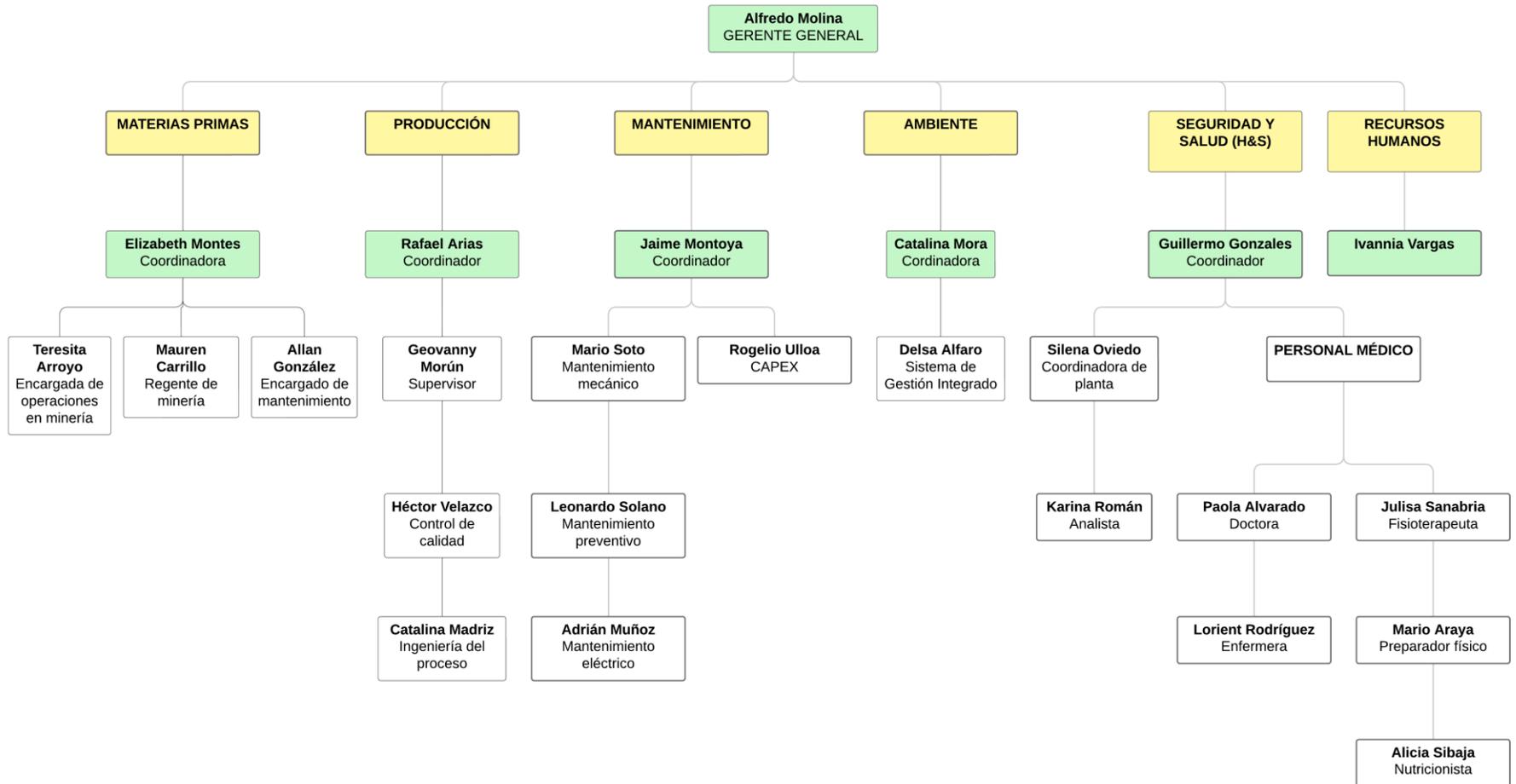
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2021). Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico. <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Ruido+Evaluaci%C3%B3n+y+acondicionamiento+ergon%C3%B3mico.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2022). ¿En qué unidades se mide el ruido? https://www.insst.es/-/en-que-unidades-se-mide-el-ruido-?_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_xPihmkrSRXRC_viewSingleAsset=true
- Instituto Nacional de Seguros [INS]. (2013). *Cuide sus oídos* [Archivo PDF]. <https://www.grupoins.com/media/2748/1006318folletocuidesusoidosweb.pdf>
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional [NIOSH]. (2012). La Pérdida de la Audición Relacionada al Trabajo. <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/oido.html>
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional [NIOSH]. (2015). Ruido (Ocupacional). <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/oido.html>
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional [NIOSH]. (2020). Tipos de pérdida auditiva (sordera). <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/hearingloss/types.html#>
- Longarini, C. (2011). La Matriz RACI, una herramienta para organizar tareas en la empresa. *10*, 08-15.
- López, M., Macías, C., Becker, J. P., Santos, C., & Hernández, S. I. (2000). Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria cementera. *Salud Pública de México*, *42*(2), 106-111.
- Mndeme, F. G., & Mkoma, S. L. (2012). Assessment of work zone noise levels at a cement factory in Tanga, Tanzania. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, *5*(3), 225-231.
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2022). Ruido. <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/noise/lang--es/index.htm>

- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2020). Controles administrativos para garantizar la aplicación de medidas de prevención y control de infecciones en el contexto de la COVID-19. [OPSIMSPHECOVID-19200036_spa.pdf \(paho.org\)](#)
- Prevencionar. (2020). Estrategias de medición para determinar la exposición al ruido ¿las conoces? <https://prevencionar.com/2020/12/16/estrategias-de-medicion-para-determinar-la-exposicion-al-ruido-las-conoces/>
- Robles, A., y Arias, E. (2015). Metodologías de Evaluación: Exposición Ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos; módulo exposición ocupacional a ruido. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/12011/Metodolog%c3%ada%20WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero Romero, D. C. (2020). Asociación de la exposición a ruido ocupacional con los niveles de presión arterial en trabajadores de una fábrica de cemento en los últimos 4 años.
- Salazar-Ochoa, J. (2018). Estudio exploratorio de las condiciones de ruido en el departamento de envasado de Industrial de Oleaginosas Americanas SA (INOLASA).
- Sánchez-Arce, B. M. (2015). Programa de Conservación Auditiva para el Proceso de Laminación de la Planta ArcelorMittal Guápiles.
- Sánchez, N. (2007). El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos. *Visión Gerencial*, (2),328-343. ISSN: 1317-8822. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545876012>
- Segués, F. (2007). Conceptos básicos del ruido ambiental. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion_acustica_tcm30-185098.pdf
- Sinnaps. (s.f). Matriz de involucrados de un proyecto. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/matriz-de-involucrados-excel>
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2000). Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido. [Sistema Costarricense de Información Jurídica \(pgrweb.go.cr\)](#)

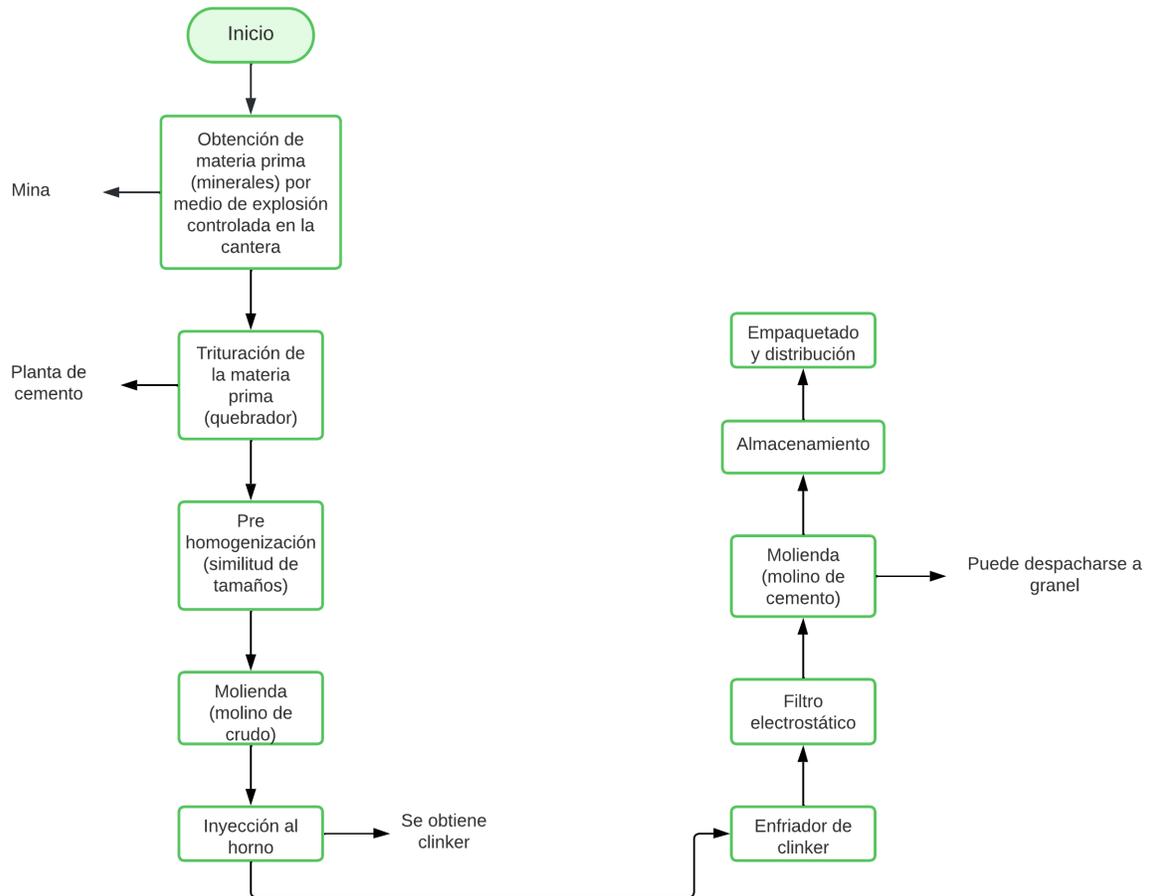
- Sondel. (2022). *Construcción es una de las industrias con mayor índice de enfermedades por exposición al Ruido*. <https://sondelsa.com/la-construccion-es-una-de-las-industrias-con-mayor-indice-de-enfermedades-por-exposicion-al-ruido>
- Suter, A. (2001). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. *Ruido*. Estados Unidos.
- Trindade, V. A. (2016). Entrevistando en investigación cualitativa y los imprevistos en el trabajo de campo: de la entrevista semiestructurada a la entrevista no estructurada. *Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa*, 18, 34.
- Vega-Ramírez, T. (2022). Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionado con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish de la empresa Brightpoint Costa Rica.
- Zyght. (2022). ¿Qué es la jerarquía de controles operacionales y cómo aplicarlos? <https://www.zyght.com/blog/es/que-es-la-jerarquia-de-controles-criticos-y-como-aplicarlos/>

VII. APÉNDICES

Apéndice 1. Organigrama, Holcim Costa Rica



Apéndice 2. Proceso productivo del cemento, Holcim Costa Rica



Apéndice 3. Entrevista semiestructurada al encargado de mantenimiento de la planta, sobre el mantenimiento de las instalaciones y las máquinas

Instalaciones y maquinaria	
Nombre del encargado:	
Fecha:	Hora:
Encargada de aplicación:	
Pregunta	Respuesta
Molino Horomill	
¿De qué material están hechas las instalaciones (piso, techo y paredes) del edificio donde se encuentra el Horomill?	
¿Cuál es la dimensión del edificio donde se encuentra el Molino Horomill?	
¿De qué material está hecho el Horomill?	
Molino Crudo	
¿De qué material están hechas las instalaciones (piso, techo y paredes) del edificio donde se encuentra el molino de crudo?	
¿Cuál es la dimensión del edificio donde se encuentra el Molino Crudo?	
¿De qué material está hecho el molino de crudo?	
Molino 3	
¿De qué material están hechas las instalaciones (piso, techo y paredes) del edificio donde se encuentra el molino 3?	
¿Cuál es la dimensión del edificio donde se encuentra el Molino 3?	
¿De qué material está hecho el molino 3?	
Área de molienda en general	
¿Existe un programa de mantenimiento para el área de molienda en general o para cada uno de los molinos? En caso de ser positivo:	
a. ¿Cuándo se programan dichos mantenimientos (a inicios, mediados o finales de año, etc)	
b. Periodicidad de los mismos (cada 3 meses, 2 años, etc)	
c. Duración (3 días, 1 semana, etc)	
Quebrador primario	
¿De qué material están hechas las instalaciones (piso, techo y paredes) donde se encuentra el quebrador primario?	
¿Cuál es la dimensión del edificio donde se encuentra el quebrador primario?	

¿De qué material está hecho el quebrador primario?	
¿Existe un programa de mantenimiento para el quebrador primario? En caso de ser positivo: a. ¿Cuándo se programan dichos mantenimientos (a inicios, mediados o finales de año, etc) b. Periodicidad de los mismos (cada 3 meses, 2 años, etc) c. Duración (3 días, 1 semana, etc)	

Apéndice 4. Encuesta higiénica a la coordinadora de H&S

Factores influyentes a la exposición a ruido	
Nombre del encargado:	
Fecha:	Hora:
Encargada de aplicación:	
Pregunta	Respuesta
¿Cuántos trabajadores hay en la planta de cemento y cuáles son los puestos?	
De la cantidad total de trabajadores, ¿cuántos requieren protección auditiva?	
¿Cuántas horas y días trabajan los colaboradores según el puesto?	
¿Cuál es el tipo de protección auditiva que utilizan los trabajadores?	
¿Cuál es el nivel de reducción del ruido (NRR) que posee la protección auditiva utilizada por los trabajadores? ¿Con base a qué fue seleccionada dicha protección?	
¿Conocen los trabajadores los decibeles a los que se encuentran expuestos en el área de molienda y quebrador primario?	

Apéndice 5. Entrevista a la doctora del consultorio médico

Audiodosimetrías	
Nombre del encargado:	
Fecha:	Hora:
Encargada de aplicación:	
Pregunta	Respuesta
¿Se realizan audiometrías al personal de la planta de cemento?	
¿Cada cuánto se realizan las audiometrías?	
¿Existe un registro de incapacidades por ruido? De ser positivo, cuántas personas en los últimos 6 meses	
¿El personal presenta quejas o es recurrente la atención médica por molestias provocadas por el ruido en su jornada laboral? De ser positivo, ¿cuáles son los principales síntomas y cuál es el puesto en el que laboran?	
¿Existe un programa de vigilancia médica que involucre la exposición ocupacional a ruido?	
¿Cuál es el procedimiento a seguir en cuanto a alteraciones de las audiometrías?	
¿Se planean campañas, charlas, boletines informativos sobre la importancia del oído?	

Apéndice 6. Cuestionario sobre el confort acústico percibido por los trabajadores en sus actividades diarias

Indicaciones: el presente cuestionario tiene como fin conocer su percepción sobre el ruido al realizar sus labores diarias. Por favor complete todas las preguntas marcando con una “X” en la opción que usted considere más apropiada y de ser necesario, puede agregar comentarios. Los datos recopilados serán utilizados para un fin académico.

1. Identificación del puesto de trabajo

Área/Departamento _____

Jornada laboral _____

2. Identificación de efectos sobre la persona trabajadora

- Le molesta el ruido en su puesto de trabajo

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios:

- El ruido existente dificulta la concentración o distrae, dificultando el desarrollo de las tareas

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios:

- Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

- Es necesario forzar la atención por parte del receptor a la distancia habitual de trabajo

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

- Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por el radio

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

- El sonido rebota y se refleja llegando de nuevo al emisor (se da una sensación de que el sonido dura más)

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios:

3. Factores de riesgo

- El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

- El trabajo desarrollado requiere efectuar tareas mentales o manuales de alta complejidad

Indique en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

- El nivel de ruido es constante y continuo (se mantiene) en el tiempo

Sí () No ()

- El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada

Sí () No ()

- Existe habitualmente ruido de impactos (golpes, martillazos, entre otros)

Sí () No ()

- Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que sobresalte a la persona trabajadora

Sí () No ()

- Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente (se combina el ruido de golpes con el del funcionamiento de máquinas, trabajos de mantenimiento, entre otros)

Sí () No ()

- Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante (sobresalen algunos ruidos más que otros)

Sí () No ()

- El ruido predominante es producido por la tarea que realiza la propia persona

Sí () No ()

- El ruido predominante es producido por fuentes ajenas a la persona

Sí () No ()

Indique en qué grado:

Ruido exterior (comunidad, tráfico)	
Ruido proveniente de personas (conversaciones, paso de personas)	
Ruido de las instalaciones y equipos de trabajo (máquinas, equipos, montacargas, camiones de despacho, entre otros)	

- Se requiere de equipos ruidosos para el desarrollo de sus tareas

Sí () No ()

- Existe un programa de mantenimiento periódico de máquinas, equipos e instalaciones

Sí () No ()

Comentarios:

Apéndice 7. Entrevista semiestructurada a la coordinadora de H&S

Recurso (personal y monetario) para la implementación del programa	
Nombre del encargado:	
Fecha:	Hora:
Encargada de aplicación:	
Pregunta	Respuesta
¿Qué opina sobre la implementación de un programa para el mejoramiento de las condiciones de exposición ocupacional a ruido en el área de molienda y quebrador primario en la planta de cemento Holcim Costa Rica?	
¿Existe un presupuesto para la implementación de este tipo de programa? En caso de ser positivo, ¿cuánto?	
Si se implementara el programa, ¿cuál es la cantidad del personal disponible?	
Si se implementara el programa, ¿cuánto tiempo al mes le dedicaría a las actividades (charlas, capacitaciones, entre otros)?	
¿La empresa ha implementado algún programa de vigilancia médica relacionado a la exposición ocupacional a ruido?	
¿Se han brindado capacitaciones relacionadas a la importancia de la protección auditiva, ruido o exposición ocupacional? De ser positivo, ¿cuántas en el último año?	

Apéndice 9. Matriz comparativa entre los resultados de NPS por fuente y lo requerido

Zona	Resultados	Requerido
Molino Horomill		
Molino Crudo		
Molino 3		
Quebrador primario		
Conclusión		

Apéndice 10. Bitácora de muestreo por trabajador

Bitácora de muestreo por trabajador																
Fecha:																
Equipo:																
Colaborador	Día 1					Día 2					Día 3					Tareas que realiza
	Hora inicio	Hora fin	Hora	% de dosis	Ltwa	Hora inicio	Hora fin	Hora	% de dosis	Ltwa	Hora inicio	Hora fin	Hora	% de dosis	Ltwa	
1																

Apéndice 11. Matriz comparativa entre lo obtenido vs lo requerido

Colaborador	Resultados	Requerido	Posibles controles
1			
2			
3			
4			

Apéndice 12. Matriz RACI

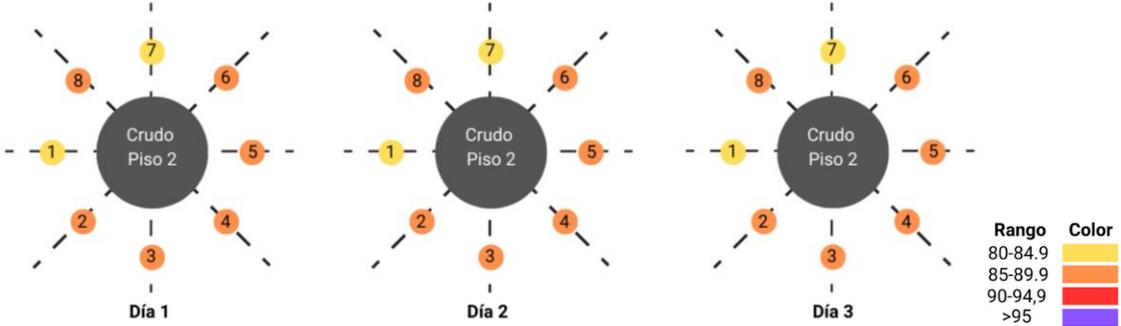
Matriz RACI Holcim Costa Rica					
Tareas	Personal responsable				
	Gerente del área	H&S	Supervisor	Trabajadores	Almacén/suministros
Recursos					
Puesta en marcha del programa					
Seguimiento del programa					

Siglas
R: responsable
A: autoridad
C: consultor
I: informado

Apéndice 14. Matriz comparativa del estado de los controles administrativos actuales y propuestos

Matriz comparativa del estado actual de los controles y los propuestos		
Control actual	Control propuesto	Beneficio

Apéndice 15. NPS de la medición puntual de la fuente del Molino Crudo Piso 2



VIII. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario “Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico”

III. CUESTIONARIO SOBRE CONFORT ACÚSTICO

Identificación del puesto de trabajo

Empresa

Área

Puesto

Nº de personas que ocupan ese puesto

Existen quejas previas por el ruido

Otros datos

A: IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS SOBRE LA PERSONA TRABAJADORA

1. MOLESTIAS

La sensación de molestia es subjetiva, depende de cada caso particular.
Es importante constatar en qué momento y durante cuánto tiempo es molesto el ruido.

A la persona le molesta el ruido en su puesto de trabajo.

Indicar en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios

.....
.....