



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Acústica

*Profesor Patrocinante:
Dr. José Luis Barros Rojas
Instituto de Acústica
Universidad Austral de Chile*

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE RUIDO EN LA NAVE CONVERTIDORES DE LA FUNDICIÓN CALETONES – DIVISIÓN EL TENIENTE CODELCO CHILE

*Tesis presentada como parte de
los requisitos para optar al grado de
Licenciado en Acústica y título
Profesional de Ingeniero Acústico*

JUAN PABLO MORAGA CABELLO
VALDIVIA - CHILE

2011

DEDICATORIA

A mis padres por su paciencia y confianza en mí...
A mi hija, mi hermana y a mi novia que las amo...
A toda mi familia, que siga unida...
Ya mi compadre, comadre, ahijado y Julián...

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a todos quienes permitieron y apoyaron la realización del presente trabajo:

UACH: *Profesor José Luís Barros y Enrique Suárez por sus valiosos consejos.
Víctor Cumián y Carolina por su enorme disposición.*

CODELCO: *A CODELCO Chile – División El Teniente, a la Gerencia Fundición y a la Unidad Fusión Conversión quienes me dieron la oportunidad de la realización de la presente tesis.*

Sra. Erika Aranda por su apoyo, consejos y enorme disposición a enseñar.

Don Guido Duarte por su entrega profesional, disposición y sabios consejos.

Don Jorge Araneda I. por su apoyo y paciencia.

A los Jefes de Turno Miguel Rosales, Jorge Araneda S., Juan Carlos Ponce y Eustaquio Valenzuela.

A todos los viejitos de FUCO y en especial a Víctor Fuentes por la gran ayuda prestada.

Don Francisco Figueroa por su valioso apoyo cuando lo requerí.

A Carlos Sáez, Pablo Alegría, Roberto Monje, Mario Moreno y a la Sra. Maria Inés por su apoyo.

Luís Sagal, Waldo Buguño, Miguel Muñoz, Juan Barrios, Rodrigo González, Hugo Cabañas, Marcelo Pérez, Yerko Aguilera y Elías Orellana por su apoyo profesional.

A los memoristas Juan Allende y Osvaldo Leiva.

CIMM: *Jimena Bárrales y Hugo Zapata por todo el apoyo y disposición que siempre tuvieron...*

A Mauricio Pino por sus consejos y apoyo profesional.

Un agradecimiento especial a Alexis Aguilar por su enorme disposición...

RESUMEN

Codelco se plantea metas respecto a la emisión de agentes contaminantes que afectan a su población trabajadora, dentro de los cuales se encuentra el ruido. Para cumplir con la normativa vigente sobre la exposición al ruido en ambientes laborales en nuestro país (D.S. N°594/1999 del MINSAL), la División El Teniente ha desarrollado una política de Seguridad y Salud Ocupacional acorde a estas exigencias. Además, para tener un control de las dosis y ruido ambiental, se realiza anualmente un Programa de Vigilancia Médica del Ruido en toda la División.

Este trabajo de investigación presenta evaluaciones, propuestas y soluciones realizadas para atenuar el ruido en la Nave Convertidores, incluido un mapa de ruido de toda la Nave de Operaciones Fundición. Esta herramienta permite tener una visión global del ruido e identificar los puntos críticos. Además, se evaluó la eficiencia de los protectores auditivos utilizados en la Fundición, los cuales teóricamente resultaron efectivos frente a los niveles y tipo de ruido presente. Sin embargo, al no poder asegurar la correcta utilización del protector, permanece el riesgo de la sordera profesional.

La realización de medidas consideró el desarrollo de un exhaustivo trabajo de terreno para comprender todos los procesos y no proponer medidas de control poco aplicables desde el punto de vista operacional y de mantención, es decir las propuestas planteadas se ajustan a la realidad de la Fundición.

Por lo tanto, se puede concluir que las medidas más eficientes y efectivas en el control del ruido fueron, en primer lugar, sobre la fuente (doble silenciador en toberas y caja absorbente en la máquina Gaspé), en segundo lugar, en la vía de transmisión, donde se dirigió y evaluó la implementación de una barrera acústica en el Convertidor Pierce Smith N°2, dando cuenta de los pasos que se siguieron para que esta resultara operativa.

ABSTRACT

Codelco raises targets on the emission of pollutants that affect the working population, within which is the noise. To comply with current regulations for noise exposure in the workplace in our country (DS N ° 594/1999 of Health Department), the “El Teniente division” has developed a policy of Occupational Safety and Health according to these requirements. In addition, to control the dose and ambient noise, is held annually Medical Surveillance Program of noise throughout the Division.

This research presents assessments, proposals and solutions to reduce the noise made in the Nave Converters, including a noise map of the Nave the Smelter Operations, a tool that allows a global view of the noise and identify the critical points. We assessed the efficiency of hearing protectors used in the foundry, which theoretically were effective compared to the levels and type of noise present. However, failing to ensure the correct use of the guard, remains the risk of occupational deafness.

The implementation of measures considered the development of a comprehensive field work to understand all the processes and not to propose very applicable control measures from the viewpoint of operational and maintenance, is that the proposals are in line with the reality of the Smelter.

Therefore, we can conclude that the most efficient and effective noise control were first on the source (double silencer nozzles and absorbent in the machine box Gaspé) and second in the transmission path, which led and evaluated the implementation of an acoustic barrier Pierce Smith Converter No. 2, realizing the steps followed to make this operational.

CONTENIDOS

1. GLOSARIO.....	1
2. INTRODUCCION.....	2
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. GENERAL.....	4
3.2. ESPECÍFICOS.....	4
4. ANTECEDENTES GENERALES.....	5
4.1. RESEÑA HISTORICA DE CODELCO.....	5
4.2. DIVISIONES.....	5
4.3. RESEÑA HISTÓRICA DIVISIÓN EL TENIENTE.....	6
4.4. PROCESO PRODUCTIVO MINERAL EL TENIENTE.....	7
4.5. RESEÑA HISTÓRICA FUNDICIÓN CALETONES.....	7
4.6. UNIDADES DE GESTIÓN AUTÓNOMAS O GERENCIAS.....	6
4.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO FUNDICIÓN.....	7
4.7.1. ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN.....	7
4.7.2. PRECA.....	7
4.7.3. FUCO.....	8
4.7.4. REMO.....	8
4.8. SELECCIÓN DE UNIDADES A EVALUAR.....	9
4.8.1. FUNCIÓN DE CADA CARGO.....	10
4.9. PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.....	11
4.10. ANTECEDENTES DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO.....	13
4.11. POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y GESTIÓN AMBIENTAL.....	13
4.12. PROGRAMA DE VIGILANCIA MÉDICA DE RUIDO.....	14
4.13. CONSIDERACIONES DE IMPORTANCIA.....	15
4.14. BARRERA ACÚSTICA CPS N° 2.....	15
5. MARCO TEÓRICO.....	18
5.1. NATURALEZA DE RUIDO.....	18
5.2. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD.....	19
5.3. RUIDO INDUSTRIAL EN CHILE.....	22
5.4. TÉCNICA DE CONTROL DE RUIDO.....	24
5.4.1. CONTROL SOBRE LA FUENTE.....	24
5.4.2. CONTROL SOBRE LA VÍA DE TRANSMISIÓN.....	25

5.4.3. CONTROL SOBRE EL RECEPTOR.....	27
5.4.3.1 Evaluación de la Eficiencia de los EPA.....	28
5.4.3.1.1 Método de Bandas de Octava.....	29
5.5. MAPA DE RUIDO.....	30
5.5.1. CURVAS DE NIVEL.....	31
5.5.2. TRIANGULACIÓN.....	32
5.5.3. INTERPOLACIÓN DE PUNTOS.....	32
5.6. AISLAMIENTO ACÚSTICO CON REVESTIMIENTO PARA CONDUCTOS CIRCULARES .	33
5.7. DECRETO SUPREMO N° 594/1999 MINSAL.....	35
5.7.1. SOBRE EL CÁLCULO DE LA DOSIS.....	36
6. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	38
6.1. EQUIPOS UTILIZADOS.....	38
6.2. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN.....	39
6.2.1. EVALUACIONES.....	39
6.2.2. MAPA DE RUIDO.....	40
6.2.2.1. FUCO.....	41
6.2.2.2. REMO.....	42
6.3. TIEMPO DE MEDICIÓN.....	42
7. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	44
7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO.....	44
7.1.1. FUGAS DE AIRE EN TODA LA NAVE.....	44
7.1.2. PUNZADO DE TOBERAS DE CT Y CPS.....	45
7.1.3. FUGAS DE AIRE EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS TOBERAS.....	46
7.1.4. GAR-GUNN.....	46
7.1.5. QUEMADORES SUMERGIDOS HLE.....	47
7.2 DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE MEDIDAS DE CONTROL.....	48
7.3. SITUACIÓN RESPECTO AL D.S. 594/ 1999 MINSAL.....	49
7.4. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO.....	52
7.4.1. NAVE FUCO.....	52
7.5. EFICIENCIA DEL EPA UTILIZADO EN LA FUNDICIÓN.....	54
7.5.1. CONVERTIDORES TENIENTE.....	55
7.5.2. CONVERTIDORES PIERCE SMITH.....	56
7.6. MAPA DE RUIDO.....	58
7.7. MEDIDAS DE CONTROL.....	60

7.7.1. DOBLE SILENCIADOR EN LÍNEA DE TOBERAS	60
7.7.2. SILENCIADOR PEINETA GASPÉ.....	61
7.7.3. BARRERA ACÚSTICA CPS2.....	62
7.7.4. CABINAS DE PUNZADO A DISTANCIA	63
7.7.5. MEJORAS DE LOS CONDUCTOS DE AIRE.....	65
7.7.6. IMPLEMENTACIÓN DE FLEXIBLES LISOS	67
7.7.7. MEJORAS EN LA SALA DE CONTROL Y SALAS DE PAUSA.....	67
7.7.8. MORDAZA TRASLAPADA PARA LOS SILENCIADORES DE LAS TOBERAS	68
8. RESULTADOS	70
8.1. DOBLE SILENCIADOR EN LÍNEA DE TOBERAS	70
8.2. SILENCIADOR PEINETA GASPÉ	72
8.3. BARRERA ACÚSTICA CPS2	74
8.4. CABINAS DE PUNZADO A DISTANCIA	77
8.5. MEJORAS DE LOS CONDUCTOS DE AIRE.....	77
8.6. IMPLEMENTACIÓN DE FLEXIBLES LISOS.....	78
8.7. MEJORAS EN LA SALA DE CONTROL Y SALAS DE PAUSA	79
8.8. MORDAZA TRASLAPADA PARA LOS SILENCIADORES DE LAS TOBERAS	80
9. CONCLUSIONES	81
10. BIBLIOGRAFIA	83
11. ANEXOS.....	86

1. GLOSARIO

CODELCO: Corporación Nacional del Cobre de Chile

DET: División El Teniente

GFUN: Gerencia Fundición

FU: Fundición

PRECA: Preparación Carga

FUCO: Fusión Conversión

REMO: Refinado y Moldeo

POAN: Planta de Oxígeno, Aire y Nitrógeno

GGRP: Gerencia General de Riesgos Profesionales

GSYS: Gerencia de Servicios y Suministros

GRL: Gerencia de Riesgos Laborales

CT: Convertidor Teniente

CPS: Convertidor Pierce Smith

HLE: Horno Limpieza de Escoria

HA: Horno Anódico

HRAF: Horno de Refinado a Fuego

RAF: Refinado a Fuego

CIMM: Centro de Investigación Minero Metalúrgico

MINSAL: Ministerio de Salud de Chile

TMF/A: Toneladas Métricas Finas por Año

LP: Límite Permitido

RM: Real Medido

UACH: Universidad Austral de Chile

NPS: Nivel de Presión Sonora

Leq: Nivel de Presión Sonora Equivalente

dB(A) Decibel con Ponderación A

2. INTRODUCCION.

El progresivo desarrollo económico de nuestro país y su consecuente expansión industrial, plantean un gran desafío a las empresas en materia medio ambiental y de salud para sus trabajadores, quienes deben buscar soluciones a los problemas que ocasiona la producción. En particular la industria minera requiere de un adecuado sistema de seguridad e higiene, debido a las características de sus actividades, que muchas veces generan una serie agentes de origen físico, químico y/o biológico, de alto riesgo en el ambiente laboral. En este contexto, empresas como CODELCO Chile, proveedoras de productos a nivel internacional, suscriben tratados que comprometen una producción limpia y libre de riesgos para sus trabajadores.

El ruido ocupacional presente en la industria, tiene que ser asumido con responsabilidad por parte, tanto de la empresa, como de los trabajadores. Elaborar estrategias para disminuir los riesgos de que se produzcan sorderas profesionales, permiten a las organizaciones líneas de trabajo para poder realizar programas efectivos frente a este problema. En definitiva, la responsabilidad asumida apunta a lograr que los trabajadores, a pesar de encontrarse sumidos en ambientes auditivamente nocivos para su salud, logren al final de su vida laboral, salir sin daños producto de esta exposición.

El ruido en la industria minera es uno de los contaminantes con mayor presencia y sus fuentes son diversas y muchas veces de naturaleza compleja. Por este motivo, se requiere de sistemas de control muy bien diseñados desde el punto de vista de la ingeniería, para lograr resultados eficientes y a un costo razonable para la empresa.

Se debe tener presente que en el diseño de soluciones que se puedan llevar a la práctica, debe haber una mirada integral del problema, tomando en cuenta que las medidas aplicadas no interfieran la operación ni mantención de los equipos. Esto permite asegurar, en un

mayor grado, que las medidas propuestas sean implementadas y tengan permanencia en el tiempo.

La Fundición Caletones, así como toda la División El Teniente, han asumido la problemática del ruido como tarea a desarrollar en sus programas de salud e higiene ocupacional. Esto conlleva mantener monitoreos continuos de los niveles ambientales, dosimetrías a los trabajadores expuestos a ruido y medidas de mitigación para disminuir los niveles que sobrepasen la normativa vigente (D.S. 594/1999 del MINSAL).

Debido a que el proceso pirometalúrgico de fusión de concentrado de cobre requiere la presencia de aire y oxígeno a altas presiones, durante todo el transcurso de la operación de hornos, quemadores y máquinas, se detectó que es la principal fuente generadora de ruido. Además, las fugas presentes en el transporte de gases desde las plantas de abastecimiento hasta los puntos de consumo incrementan los niveles ambientales de ruido y adicionalmente, aumentan los costos del proceso.

Por otra parte, la complejidad del proceso productivo presente en la Fundición, requiere que las medidas de control de ruido propuestas sean acorde a la realidad de ésta, lo cual significa apuntar a la fuente de ruido como primera medida, proponiendo silenciadores y/o modificaciones a piezas que resulten críticas, por su capacidad de generar ruido.

La División El Teniente, aprobó la adquisición de una Barrera Acústica para implementarla en el Convertidor Pierce Smith N°2; decisión que significó la realización de numerosas reuniones, con todas las unidades involucradas, para lograr su funcionalidad desde los puntos de vista mecánicos, operacionales y mantenimiento y que además, no ocasionara una condición subestándar desde el punto de vista de seguridad.

3. OBJETIVOS.

3.1. GENERAL

- Elaborar diagnóstico y propuestas para el control de ruido en la Nave Convertidores de la Fundición Caletones – División El Teniente Codelco Chile.

3.2. ESPECÍFICOS

- Evaluar los actuales niveles de ruido en los sectores representativos, seleccionados por la Unidad de Fusión Conversión de la Superintendencia de Operaciones Fundición, realizando las siguientes actividades:
 - a) Caracterizar acústicamente las principales fuentes de ruido y elaborar un diagnóstico en terreno de los puntos críticos.
 - b) Elaborar Mapa de Ruido de la Nave Fundición.
- Elaborar medidas de control de ruido, general y específico (puntos críticos), de acuerdo a los resultados obtenidos en el punto anterior, para disminuir los actuales niveles de ruido ambiental presentes en la Nave FUCO.
- Dirigir el levantamiento e implementación de una barrera acústica para el CPS 2, elaborando un informe con la evaluación de los objetivos planteados en la propuesta.

4. ANTECEDENTES GENERALES.

4.1. RESEÑA HISTORICA DE CODELCO

La promulgación de la reforma constitucional que nacionalizó el cobre en Chile, el 11 de julio de 1971, detonó un proceso que culminó con la creación de una empresa encargada de operar y administrar las pertenencias mineras cedidas al Estado.

El Decreto Ley 1.350 de 1976 creó la Corporación Nacional del Cobre de Chile, Codelco, concebida como una empresa propiedad del Estado chileno, minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

La Corporación es encabezada por un Directorio con siete integrantes, nombrado por el Presidente de la República de Chile.

El Directorio es liderado por el Ministro de Minería, y lo integran también el Ministro de Hacienda, tres representantes designados por el Presidente de la República y dos directores representantes de los trabajadores y supervisores.

4.2. DIVISIONES

Las operaciones que hacen de Codelco el principal productor mundial de cobre son realizadas, principalmente, a través de sus divisiones operativas, encargadas de la explotación de los yacimientos, el procesamiento de los minerales, y la obtención del metal y sus subproductos para el envío a los mercados mundiales.

Son cinco divisiones mineras, donde se trabaja con similares procesos productivos, y una fundición y refinería. Todas están ubicadas en las zonas norte y sur de Chile, ellas son:

Zona norte:

- División Codelco Norte (Chuquicamata)
- División Radomiro Tomic
- División Salvador

Zona sur:

- División Ventanas
- División Andina
- División El Teniente

4.3. RESEÑA HISTÓRICA DIVISIÓN EL TENIENTE

En 1905 el pionero estadounidense William Branden, con su empresa Braden Copper Co., comenzó la explotación del mineral en plena Cordillera de Los Andes. Posteriormente, su administración fue traspasada a la Kenecott Corporation, que catapultó a El Teniente al liderazgo de la gran minería mundial, introduciendo paulatinamente la tecnología e ingeniería en minas.

Su sitio como la mina subterránea más grande del mundo se vio confirmado a partir de 1968 cuando el Estado chileno adquirió el 51 por ciento de la propiedad de El Teniente a través del proceso de Chilenización del Cobre. Buscando consolidar esa posición y aportar al máximo para el desarrollo de Chile, en 1971, con la nacionalización de la gran minería, se convirtió en una empresa ciento por ciento estatal.

4.4. PROCESO PRODUCTIVO MINERAL EL TENIENTE

El proceso productivo que se lleva a cabo en El Teniente, tiene tres etapas básicas:

- Extracción de la roca.
- Concentración del mineral.
- Fundición del concentrado.

4.5. RESEÑA HISTÓRICA FUNDICIÓN CALETONES

La Fundición Caletones es la fundición de concentrado de la División El Teniente de CODELCO-Chile, la cual comenzó sus operaciones el 22 de abril de 1922. Actualmente opera con una dotación de 717 personas pertenecientes a la División, (personal de producción, mantención y administrativos) y una cantidad de personal colaborador que fluctúa entre los 1000 y 2000 colaboradores.

Las Instalaciones de la Fundición Caletones están emplazadas a 1.500 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera de los Andes y distribuidas en 6 hectáreas de terreno, en una zona caracterizada por profundos valles y quebradas abruptas originadas por el río Coya.

Geográficamente la Fundición está ubicada a 45 Km. aproximadamente al este de la ciudad de Rancagua, al interior de la comuna de Machali, provincia de Cachapoal, Sexta Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.



Figura 4.1. “Vista panorámica Fundición Caletones”

4.6. UNIDADES DE GESTIÓN AUTÓNOMAS O GERENCIAS

Se denominan así a las unidades organizacionales, o conjunto de ellas, que entregan productos o servicios, que tienen claramente referentes de mercados, cuyas transacciones son de gran relevancia económica para la División. Estas unidades dependen directamente de la Gerencia General, esta es una forma de organizar la empresa en entidades que pueden tomar decisiones con mayor flexibilidad y autonomía y que sean responsables de sus resultados económicos. En la figura 4.2. se incluye un diagrama con el organigrama de la Gerencia Fundición Caletones.

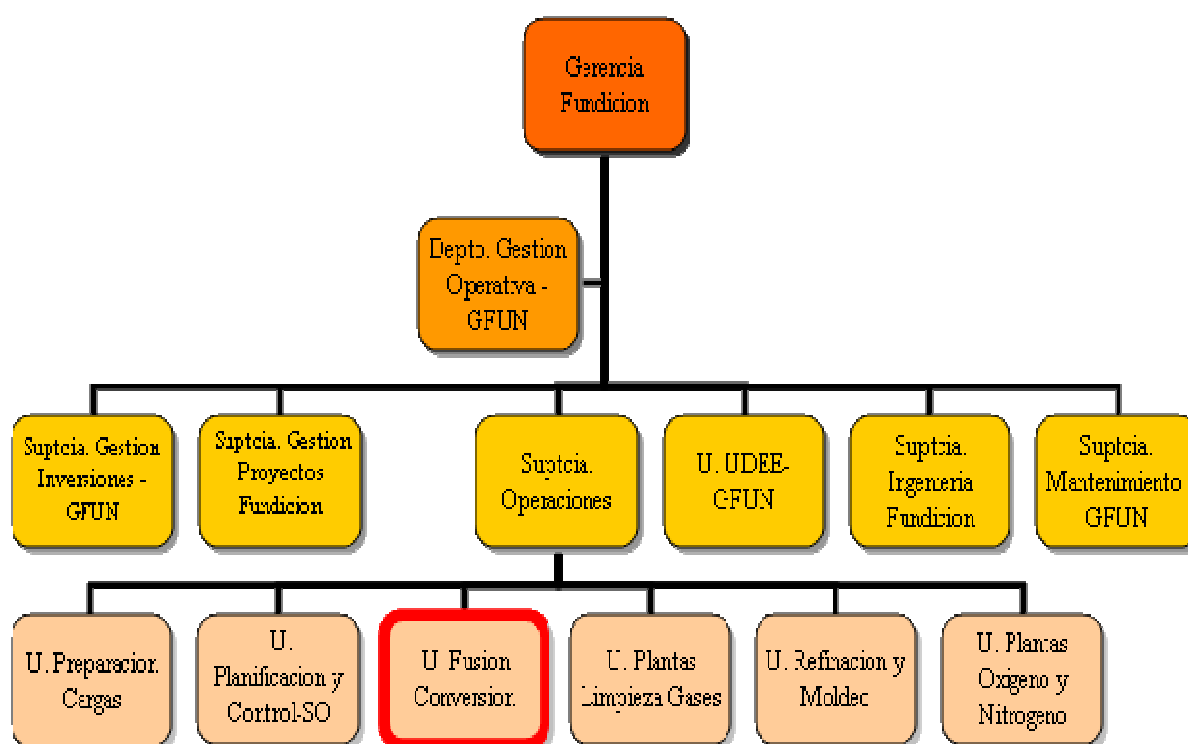


Figura 4.2. “Organigrama Gerencia Fundición Caletones”

4.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO FUNDICIÓN

4.7.1. ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN

La Fundición Caletones procesa 1.400.000 toneladas anuales de concentrado de cobre seco con una calidad del 30% aproximadamente. La empresa tiene un nivel de producción de 405.000 TMF/A de cobre moldeado. El cobre es moldeado como cobre anódico (270.000 TMF/A) y como cobre refinado a fuego (135.000 TMF/A).

4.7.2. PRECA

La línea productiva de la Fundición de Caletones comienza con la recepción del concentrado de cobre proveniente desde el concentrador Colón donde ha sido sometido a procesos de molienda, flotación, espesamiento, filtración y secado, obteniéndose como resultado un producto con una calidad aproximada de 30% y una humedad que varía entre el 8 –10%.

La Unidad de PRECA recibe el concentrado de cobre, este producto es tratado por medio de 2 secadores de lecho fluidizado con capacidades de 80 y 120 ton/h. Estos secadores están considerados entre los de mayor capacidad operando en el ámbito mundial, empleando los principios de la fluidización como medio para secar el concentrado desde 8–10% a 0,2% de humedad como producto final, el cual posteriormente es enviado por medio de cañerías (en forma neumática con aire seco) a la Unidad Fusión Conversión.

4.7.3. FUCO

En la Unidad FUCO, el proceso comienza en los Convertidores Teniente N°1 y N°2 (CT1 y CT2), donde por medio de toberas el concentrado es inyectado a los hornos por un sistema de vasos presurizados, el concentrado es fundido temperaturas sobre los 1.200 °C mediante un proceso químico de oxidación (pirometalurgia) hasta obtener Metal Blanco (metal fundido con un 72 - 75% de pureza) y escoria rica en cobre (6 – 8% de Cu), el Metal Blanco se distribuye, por medio de tazas, entre los 4 Convertidores Convencionales o Pierce Smith (CPS) donde siguiendo el proceso de oxidación es purificado hasta obtener Cobre Blister (99.3 % de pureza). La escoria se distribuye entre los 4 Hornos de Limpieza de Escoria (HLE) donde una parte es recuperada en forma de Metal Blanco y la escoria con menos de un 1 % de cobre es llevada a botaderos autorizados.

4.7.4. REMO

La Unidad REMO recibe el Cobre Blister de los CPS y se distribuye entre los 2 Hornos Anódicos y 3 Hornos de Refinado a Fuego ubicados en los extremos de la Nave Fundición. Los 2 Hornos Anódicos procesan el cobre Blister hasta obtener un producto con un 99,7% de pureza y moldado en cobre Anódico. Este molde no es producto final, a partir del cobre Anódico se obtiene el cobre Catódico. Los 3 Hornos de Refinado a Fuego procesan el cobre Blister hasta obtener un producto final con un 99,9% de pureza y moldeado en lingotes RAF. Estos productos son empaquetados, cargados y llevados a la cancha Rancagua para su posterior traslado al puerto de San Antonio para ser distribuido a diferentes clientes de CODELCO a nivel mundial.

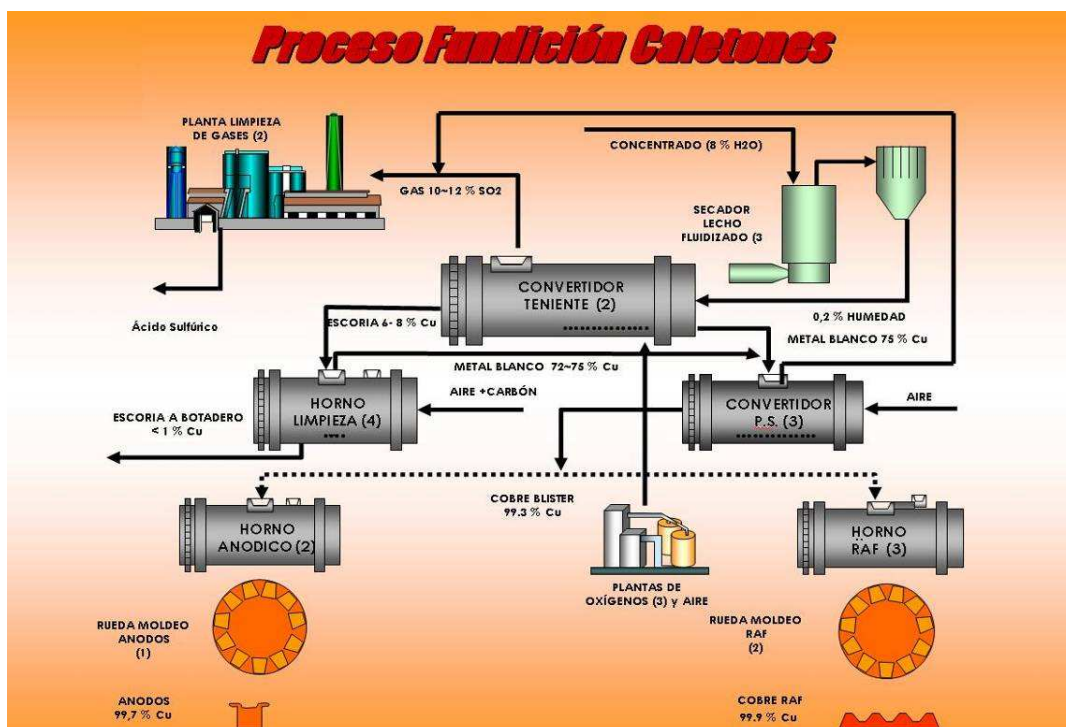


Figura 4.3. “Esquema del proceso Fundición”

4.8. SELECCIÓN DE UNIDADES A EVALUAR

Para la realización del presente trabajo, se seleccionaron los diferentes hornos y sectores involucrados en el proceso de la Unidad Fusión Conversión, donde existen algunas fuentes generadoras de ruido que sobrepasan los Niveles de Presión Sonora establecidos en el D.S. 594/1999 del MINSAL y que pueden ocasionar daños a la salud del personal que labora en esta Unidad. Los datos que permiten a la Unidad FUCO evaluar los niveles de riesgo se basan en los informes elaborados por el Centro de Investigaciones Minero Metalúrgico, empresa estatal que presta servicios a Codelco Chile. Esta empresa toma mediciones ambientales y personales de todos los agentes físicos y químicos presentes en la División El Teniente, elaborando informes anuales de las condiciones existentes en cada unidad, en base a la normativa vigente (DS N° 594/1999 del MINSAL).

Todos los años se efectúa una campaña de mediciones de exposición personal a ruido a 5 trabajadores de la Unidad FUCO, más 50 mediciones ambientales.

El criterio para la selección de los trabajadores que portarán los dosímetros, está basado en la función que realizan dentro de la Nave Fundición y el nivel de exposición que tengan al agente ruido durante su jornada laboral. Los cargos existentes dentro de la nave fundición son Operador Experto, Operador Fundición y Operario Fundición. Las funciones que desempeñan cada uno de estos cargos varían según el tipo de horno que operen, sin embargo, todos estos cargos están expuestos a altos niveles de ruido durante toda su jornada laboral, ya que se desempeñan dentro de la Nave Fundición, la cual posee niveles sobre los 85 dB(A) en todos sus puntos.

4.8.1. FUNCIÓN DE CADA CARGO

Operador Experto: Este cargo, es genérico, es decir, abarca los tres procesos productivos y la operación de los puentes Grúas. Además, controla y supervisa los diferentes procesos de la unidad.

2. Los Operadores Expertos de FUCO se distribuyen de la siguiente manera:

- Convertidores Teniente: 8 Operadores, uno por cada CT y por turno.
- Convertidores Convencionales o Pierce Smith: 12 Operadores, uno por cada convertidor en operación (3 CPS máximo por turno).
- Hornos de Limpieza de Escoria: 12 Operadores, uno opera el HLE1 y HLE2, esto por la cercanía de los hornos, un operador para el HLE3 y uno para el HLE4.
- Operación Grúas: 16 Operadores, 4 por turno.

2. Operador Fundición: Este cargo esta bajo la supervisión del Operador Experto, cumple funciones de apoyo a éste y lo reemplaza cuando se ausenta. El apoyo es básicamente en terreno, ya que, el Operador Experto permanece la mayor parte del tiempo en la sala de control.

Existen 24 Operadores, uno por cada proceso y horno y se distribuyen de forma análoga a la de los Operadores Expertos.

3. Operario Fundición: Este cargo esta presente en los CT (4 por cada horno) y en los HLE 1 y HLE2 (1 por cada horno). Sus funciones son básicamente de sangrado de líquidos (Metal Blanco y Escoria), operación de máquinas punzadoras (CT) y aseo industrial.

4.9. PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El criterios a seguir para la evaluación de los niveles de ruido dentro de los lugares seleccionados por la Unidad FUCO de la Superintendencia de Operaciones de la Fundición, están basados en los Procedimientos Estructurales para la Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos de Seguridad y Salud Ocupacional elaborado por la Gerencia de Riesgos Laborales de la División El Teniente. [CODELCO 2010]

Los objetivos del procedimiento es establecer la metodología para la identificación de peligros, evaluación y control de los riesgos asociados a los procesos, actividades, proyectos de inversión y servicios de apoyo en la DET. A continuación se darán algunas definiciones a considerar para la evaluación de riesgos definidos por BS OHSAS 18.001:2007 (Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements):

- Identificación de Peligros: Proceso de reconocimiento de una situación de peligro existente y definición de sus características.
- Peligro: Fuente, situación o acto con el potencial de daño, en términos de lesiones o enfermedades, o la combinación de ellas.
- Riesgo: Combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento o exposición peligrosa y la severidad de las lesiones, daños o enfermedades que puede provocar el evento o la exposición.
- Evaluación de Riesgo: Proceso de evaluación de riesgo(s) derivados de un peligro(s) teniendo en cuenta la adecuación de los controles existentes y la forma de decisión si el riesgo es aceptable o no.
- Riesgo Aceptable: Riesgo que ha sido reducido a un nivel que puede ser tolerado por la organización; el resultado de la medición (RM) se encuentra igual o bajo el 50% del límite permisible.
- Riesgo Moderado: Riesgo donde el resultado de la medición se encuentra en el intervalo $LP \leq RM \leq 50$ del límite permisible (LP).
- Riesgo Inaceptable: Riesgo inaceptable para la organización, con una Magnitud de Riesgo con la más alta Severidad o que en el historial de Codelco se encuentre asociado a un accidente fatal, o el resultado de la medición (RM) se encuentre sobre el límite permisible. [CODELCO 2010]

En cuanto a ruido, este procedimiento califica los niveles en las áreas de la Nave Fundición y establece si las condiciones de Ruido de los sectores cumplen con los límites establecidos en los artículos 70° al 82° del D.S. N° 594 del MINSAL sobre ruido (85 dBA máximo para una jornada laboral de 8 horas), además establecer grados de exposición a ruido por parte de los trabajadores que se desempeñan en las áreas operativas.

Los estándares de exposición a ruido de la DET, están dados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 4.1. “Estándares de referencia DET para exposición a Ruido” [CODELCO 2010]

Sector	Agente	Inaceptable	Moderado	Aceptable
Fundición	Ruido	> 85 dB(A) lento	< 85 y > 82 dB(A) lento	< 82 dB(A) lento

4.10. ANTECEDENTES DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO

La División El Teniente hasta el año 2006 realizaba las mediciones e informes de la exposición a agentes físicos y químicos ambientales y personales a través de la Unidad de Higiene Industrial de la Gerencia General de Riesgos Ocupacionales. A partir del año 2007 se pasó el contrato a terceros y es el Centro de Investigación Minero Metalúrgico (CIMM) quien realiza las mediciones e informes y la GGRP es quien controla y debe evaluar y aprobar de estar conforme.

Los antecedentes que serán evaluados en este trabajo, son los informes elaborados desde el año 2007 por el CIMM. La información se encuentra disponible al personal CODELCO dentro de la biblioteca documental en la página institucional de la empresa. En los ANEXOS I, II Y III se entrega información de los “Procedimientos para la identificación de Peligros, Evaluación y Control de Seguridad y Salud Ocupacional”, “Programa de Vigilancia Médica de Ruido” y los resultados de las mediciones, tanto personales como ambientales, realizadas el año 2010, respectivamente.

4.11. POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y GESTIÓN AMBIENTAL

CODELCO Chile, División El Teniente, cuenta con una declaración de Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Gestión Ambiental, definida por la Gerencia General de la

División y establece los compromisos con la prevención de lesiones y enfermedades profesionales de sus trabajadores propios y contratistas, para lo cual se ha implementado y mantenido un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que, en ciclos de mejoramiento continuo, contempla los siguientes principios:

- Cumplir con la legislación vigente y los compromisos voluntariamente contraídos en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Fomentar en los trabajadores una cultura preventiva en materias de Seguridad y Salud Ocupacional mediante el liderazgo permanente y efectivo de parte de ejecutivos, supervisores y Comités Paritarios de Higiene y Seguridad.
- Identificar, evaluar y controlar continuamente los riesgos en los proyectos, contratos y operaciones, tanto en condiciones normales como de emergencia.
- Mantener informados a los trabajadores, autoridad y comunidad en general, acerca de la gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. [CODELCO 2008]

4.12. PROGRAMA DE VIGILANCIA MÉDICA DE RUIDO

Este instructivo describe el Programa de Salud de Riesgo Específico del Ruido en la Unidad de Medicina del Trabajo de la División El Teniente. El objetivo de este programa de vigilancia es mantener en control el universo de los trabajadores de Codelco El Teniente que en su trabajo diario está expuesto a fuentes contaminantes de ruido ambiental. Las áreas y puestos de trabajo con exposición a ruido en cada una de las Gerencias están identificados por la Unidad de Higiene Industrial mediante el mapa de riesgo, de acuerdo a mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq) dB(A) lento y dosimetría de exposición a ruido en puestos de trabajo. Las evaluaciones audiométricas se realizarán de acuerdo a Circular 3G/40 del Instructivo para la calificación y evaluación de las enfermedades

profesionales del Reglamento D. S. N° 109/ 1968 de la Ley 16.744. [CODELCO 2007]

4.13. CONSIDERACIONES DE IMPORTANCIA

La Fundición presenta en la mayoría de sus unidades presencia de emisiones de ruido, que debido a las características de la actividad productiva, requieren de control ingenieril.

En particular la Unidad Fusión Conversión para el cumplimiento de sus procesos cuenta con una dotación propia de unas 30 personas por turno. Además, hay personal externo para tareas específicas, las cuales se encuentran a diferentes grados de exposición a ruido. Para comparar los niveles existentes en la Nave Fundición con los estándares de la División El Teniente, se realizan anualmente informes de mediciones ambientales y de exposición personal a ruido, estos se realizan por medio del CIMM.

El objetivo de estos informes es evaluar los niveles de Ruido en las áreas de la Nave Fundición, actividad considerada en el programa anual de mediciones de la Unidad de Higiene Industrial, de la Gerencia Gestión de Riesgos Profesionales, sobre condiciones ambientales de trabajo, con el fin de establecer si las condiciones de ruido de los sectores cumplen con los límites establecidos en los artículos 70° al 82° del D.S. N° 594 sobre ruido. Para este fin, los valores obtenidos se comparan con lo estipulado en los artículos correspondientes del Decreto Supremo N° 594/1999 del MINSAL. [CODELCO 2009]

4.14. BARRERA ACÚSTICA CPS N° 2

El año 2005 la Fundición Caletones contrato a la empresa PHOTOMAT CHILE LTDA. para la elaboración de un “Plan Piloto Diseño y Especificación de Condiciones de Mejoría

de Niveles de Ruido”, el informe fue preparado por la empresa CONTROL ACÚSTICO Ltda. [CONTROL ACÚSTICO 2005]

Este informe sugería la implementación de una barrera acústica frente a la zona de punzado de los CT 1 y 2, a partir de este plan se decidió la implementación de una barrera en el CPS 2 debido que por tratarse de un plan piloto, significaría un costo alto para la unidad detener un Convertidor Teniente.

El año 2009 la empresa Ingeniería en Control Acústico Ltda. se adjudicó la propuesta técnica y económica para la construcción e instalación de la barrera. Las especificaciones técnicas de la barrera son las siguientes:

- Las dimensiones son 24 m largo x 2 m altura x 9 mm de espesor.
- Las barreras propuestas consisten en módulos colgantes de simple gancho, removible por un operador, de aproximadamente 2,4 x 1,8 m. y cada panel se diseña de modo de no superar los 27 [Kg]
- Los materiales a ocupar serán estructura metálica autosellante mediante ángulos de aluminio y burletes de goma y alma de policarbonato Monolítico SABIC Margard (para asegurar la visibilidad y transparencia de cada módulo) de 9,5 mm de espesor de alto impacto con una densidad superficial de aproximadamente 9 [Kg/m²] en el panel.

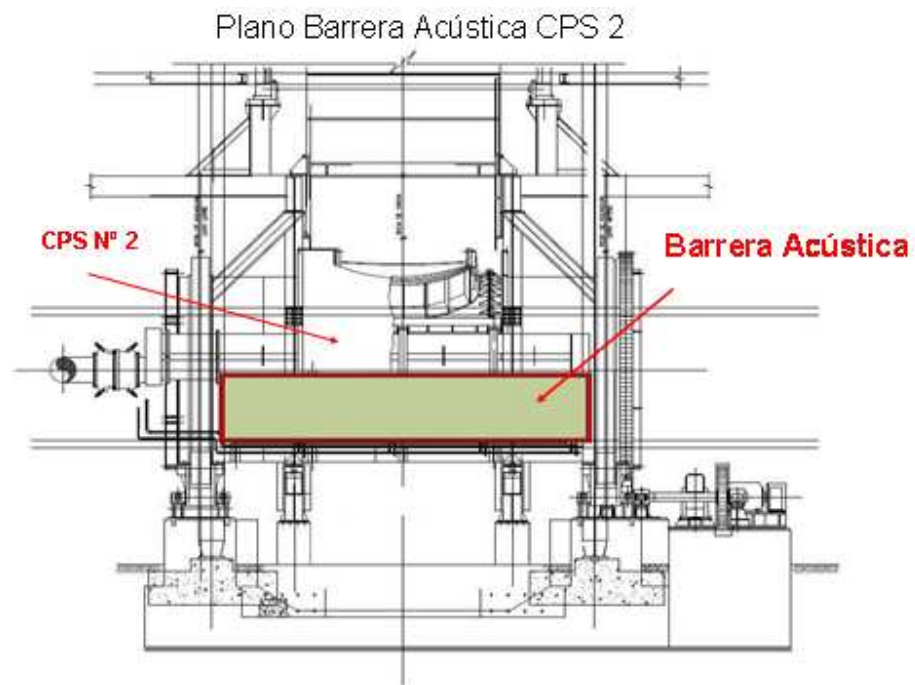


Figura 4.4. “Esquema Propuesta Barrera Acústica en CPS N°2” [CONTROL ACÚSTICO 2005]

5. MARCO TEÓRICO

5.1. NATURALEZA DE RUIDO

El sonido esta definido como una pequeña variación de presión en la atmósfera producido por la vibración de algún cuerpo, la presión en la región de los 10^{-5} Pa (N/m^2) a los 10^2 Pa son relevantes para el oído humano (es pequeña en comparación con la presión atmosférica 10^5 Pa a nivel del mar). En la atmósfera el sonido se propaga a 344 m/s a una temperatura de 20°C . [Möser y Barros, 2004]; [Falch, 1997]

El ruido es un sonido, pero cualquier sonido no puede ser definido como un ruido. Este se diferencia por que es considerado como no deseado, imprevisto, desagradable y puede ocasionar problemas a la salud. Todas estas cualidades vuelven a las personas particularmente receptivas a él. [CONAMA 2010]

El ruido, como agente físico contaminante, es diferente a otros por sus características complejas, por lo que se vuelve difícil de evaluar. Estas características en la práctica de la industria se dividen principalmente en:

Generales:

- Está presente en la mayoría de los puestos de trabajo.
- Se genera de forma espontánea y solo en algunos casos, por lo menos en la industria minera, se puede relacionar a horarios establecidos.
- No presenta residuos en el ambiente y solo en las personas tiene efectos acumulativos.

- Se requiere de muy poca energía para producirlo y en la gran industria normalmente las fuentes de ruido son de grandes dimensiones y funcionan en base a gran energía.
- Presenta un radio de acción localizado, pudiendo pasar en cortas distancias de un ambiente aceptable a uno inaceptable.
- Es percibido por un solo sentido, el oído. Por lo que en la mayoría de los casos es subestimado y solo hasta presentar problemas es tomado en cuenta, esto a raíz de no presentar aspecto, olor y sabor como otros contaminantes. [CONAMA 2010]; [CODELCO 2007]

Específicas:

- En cuanto a la protección auditiva resulta difícil la adaptación y utilización en forma correcta por parte de los trabajadores.
- Resulta complejo ejercer el control ingenieril de ruido en la fuente o en la vía de transmisión, por que las soluciones adoptadas no pueden entorpecer ni la operación del equipo ni su mantención.
- En el caso de la industria minera, y en particular la molienda y fundición la disposición de los equipos facilitan la transmisión vía estructural del ruido.
- Acarrea un alto costo la implementación efectiva del control de ruido.

5.2. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

Los efectos del ruido en la salud están ampliamente estudiados, dentro de la pérdida auditiva se encuentran principios físicos y fisiológicos. De esto se desprende la existencia de una Pérdida Conductiva, la cual se presenta cuando se interfiere el paso del sonido desde el oído externo al oído medio y la Pérdida Neurosensorial que se ocasiona por lesión en el oído medio o interno. [Corzo, 2008]

Existen varios factores que influyen en la nocividad del ruido:

1. La intensidad del ruido.
2. La frecuencia a la que se está expuesto.
3. El tiempo al cual se está expuesto.
4. Los intervalos de exposición.
5. La sensibilidad del sujeto receptor.
6. La edad del receptor.
7. Los antecedentes patológicos del oído del receptor. [Corzo, 2008]; [Rendiles, 2007]

La pérdida auditiva ocasionada por la exposición a ruido se puede dividir en dos tipos:

- Hipoacusia: enfermedad ocasionada por exposición prolongada a ruido, la cual se manifiesta con una pérdida paulatina de la capacidad auditiva sin tener necesariamente exposición a altos niveles de ruido.
- Trauma Acústico: este se ocasiona por exposición a un alto nivel de ruido por lo general repentino (por ejemplo una explosión) y que ocasiona una lesión repentina y dolorosa.

Dentro de los efectos físicos y fisiológicos que puede causar la exposición a ruido se pueden nombrar algunos que son los más conocidos:

- Dolor de cabeza (Cefalea).
- Pérdida de la capacidad auditiva (Hipoacusia).
- Síntomas de depresión, fatiga, estrés y neurosis.
- Efectos adversos en el sueño y descanso.

- Baja del rendimiento laboral.
- Déficit en la comunicación.
- Trastornos en el sistema circulatorio, digestivo y neurosensorial.
- Zumbido continuo e intermitente.
- Otros.

Los efectos en la salud se pueden apreciar gráficamente en el siguiente mapa corporal:

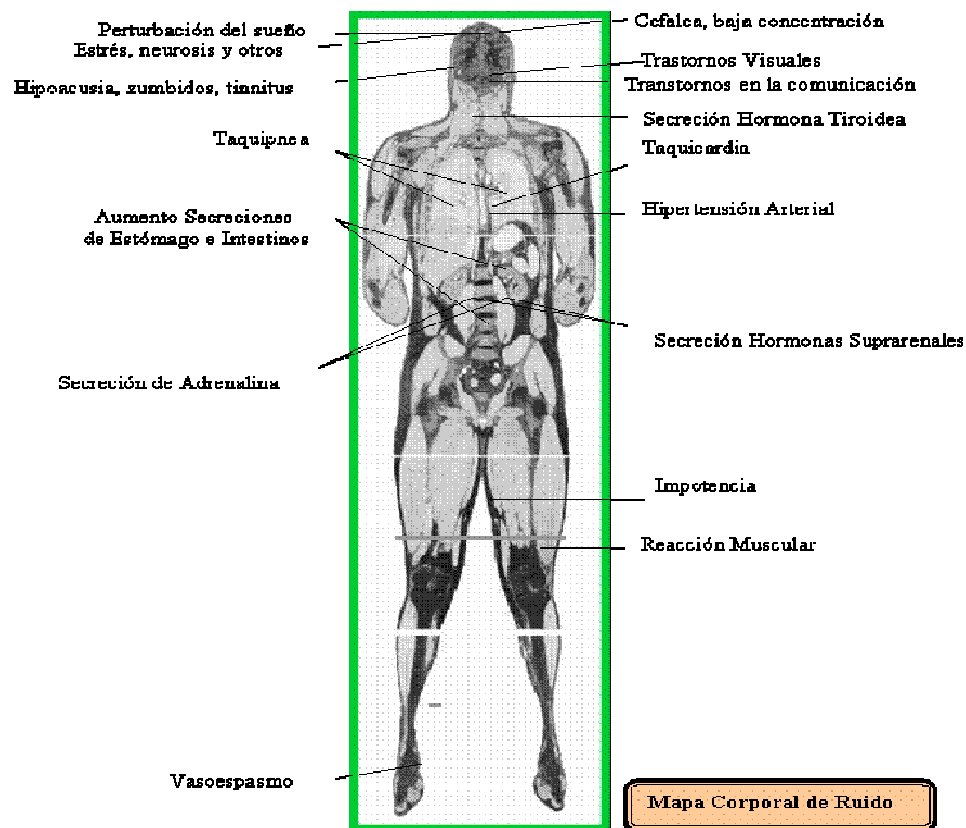


Figura 5.1. “Mapa Corporal del los Efectos del Ruido en la Salud” [Corzo, 2008]

El riesgo de daño auditivo por exposición prolongada a ruido se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 5.1. “Criterio de Glorig Sobre Riesgo Porcentual de Daño Auditivo” [Miraya, 2000]

Edad		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Años de exposición		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Nivel de exposición [dBA]	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	85	0	1,0	2,6	4,0	5,0	6,1	6,5	8,0	8,0	6,5
	90	0	3,0	6,6	10,0	11,9	13,4	15,6	17,5	18,0	14,5
	95	0	5,7	12,3	18,2	21,4	24,1	26,7	28,3	28,0	24,0
	100	0	9,0	20,7	30,0	35,9	38,1	40,8	41,5	40,0	35,0
	105	0	13,2	31,7	44,0	49,9	54,1	57,8	57,5	54,0	44,5
	110	0	19,0	46,2	61,0	68,4	73,1	73,8	71,5	64,0	51,5
	115	0	26,0	61,2	79,0	83,9	86,1	84,3	89,5	70,0	55,0

Se puede apreciar en la Tabla 5.1. que el riesgo de daño auditivo aumenta hasta cierta edad y luego disminuye. Esto es debido que a edades avanzadas el riesgo de deterioro de la audición se acrecienta aún sin haber exposición prolongada a altos niveles de ruido. [Miraya, 2000]

5.3. RUIDO INDUSTRIAL EN CHILE

La industria en nuestro país se ha desarrollado rápidamente en las últimas décadas; situación que, lamentablemente, ha ocasionado un incremento en el deterioro de la calidad en el ambiente de trabajo y en el medio ambiente. Contaminantes de naturaleza física, química y biológica, son cada vez más fiscalizados, debido a los efectos que producen en la salud de los trabajadores.

El ruido es uno de los contaminantes con mayor presencia en los ambientes laborales y teniendo en consideración sus características, su control requiere de un trabajo bien

elaborado desde el punto de vista de la ingeniería aplicada, para logra resultados eficientes, efectivos y a un costo factible de ser asumido por las empresas. [Valenzuela y Albornoz, 2006]

Un estudio realizado por el Sistema Automatizado de Información en Salud Ocupacional del Ministerio de Salud (SAISO), demostró que entre los años 1997 y 2000, el primer ingreso de enfermedades correspondía a aquellas que afectan al sentido de la audición con un 38%. La hipoacusia es la enfermedad más frecuente entre los trabajadores de nuestro país según datos de la Sociedad Chilena de Otorrinolaringología, entregado por la Secretaria Regional Ministerial de Salud de la Región Metropolitana, esto a raíz de que el 30% de los trabajadores de nuestro país esta expuesto a ruido laboral que pueden causar daños irreparables. [ISP 2007]

El Departamento de Estudios ENCLA, en consulta hecha el año 2002 a los trabajadores si existe control sobre riesgos en el lugar de trabajo, excluyendo trabajadores donde no existe este tipo de riesgos, evidencia que solo un 46,9% de la población trabajadora reconoce control por parte de la empresa frente a ruidos excesivos con eventual riesgo de sordera profesional, un 31% opina que están mas o menos controlados y un 21,9% que están poco controlados. [Aguilar, 2003]

Otra encuesta del mismo departamento realizada el año 2006 revela que dentro de los elementos de riesgo presentes en los lugares de trabajo, los empleadores manifiestan que el ruido esta en tercer lugar entre los factores de riesgos con un 31% de presencia en las empresas. Analizada la información por rama de actividad, los contaminantes ambientales, y específicamente el ruido están presentes con mayor frecuencia en las empresas de la industria manufacturera metálica con un 65%, en la minería con un 60,7%, la industria manufacturera no metálica con un 57,9% y en la construcción con un 57%. [Aguilar, 2007]

5.4. TÉCNICA DE CONTROL DE RUIDO

Para realizar un control técnico de ruido hay que analizar las tres formas diferentes que existen de reducir los niveles excesivos de ruido en el receptor:

- Control sobre la fuente de ruido
- Control sobre la vía de transmisión de ruido
- Control sobre el personal expuesto al ruido

No se debe descartar la utilización de más de una de las tres formas mencionadas anteriormente ya que cuando nos encontramos en presencia de fuentes excesivamente ruidosas una sola de las formas de control puede ser insuficiente para lograr niveles aceptables de ruido, además de darse las condiciones operativas para aplicar más de una forma de control.

5.4.1. CONTROL SOBRE LA FUENTE

Generalmente este es el método más deseado y en el cual se obtienen los mejores resultados. Esta forma de control se debe realizar una planificación al momento de efectuar nuevas instalaciones y renovar equipos, considerando diseños adecuados tanto para estructuras, selección de equipos y máquinas y realizar una planificación adecuada.

En cuanto al rediseño se debe analizar el tipo de soporte y sujeción de la fuente de ruido y si es necesario su reubicación. En estos momentos existe una variedad de motores silenciosos en el mercado, se debe considerar el reemplazo de estos si fuese preciso, como considerar el cambio de engranajes metálicos por materiales plásticos industriales de alta dureza como POM, UHMW, etc. También los engranajes se pueden reemplazar por poleas

con correas en V, etc. Otra solución es utilizar variadores de frecuencia, los cuales sustituyen engranajes y hacen que los motores funcionen más suaves y silenciosos. [Beranek, 1961]

Cuando la fuente de ruido es acompañada por flujos de aire, los encierros no son una buena medida a la cual optar, para estos casos los silenciadores o conductos atenuadores resultan una buena solución. Con un diseño adecuado el ruido puede ser atenuado por materiales absorbentes, porosos, elementos vibrantes amortiguados o bien el ruido ser reflejado hacia la fuente. Los silenciadores más comunes en sistemas de conducto son codos o cambios de sección, cámaras de expansión, también se puede introducir revestimientos absorbentes y la utilización de filtros.

5.4.2. CONTROL SOBRE LA VÍA DE TRANSMISIÓN

El control sobre la ruta al receptor tiene una amplia gama de alternativas posibles, sin embargo aquí hay que tener en cuenta que la solución a adoptar sea operacionalmente viable dependiendo del tipo de industria, además el levantamiento técnico es fundamental para ver si existe alguna solución por este camino, y si es así, el tipo de solución que se realizará. Se debe considerar por ejemplo la mantención de lo equipos, la accesibilidad y la visibilidad.

Algunas formas de control más utilizadas sobre la vía de transmisión son las siguientes:

- Encerramientos Acústicos: Se puede confinar el ruido de la fuente mediante encierros acústicos parciales o completos, dependiendo de la necesidad de ventilación o escape de gases de combustión. La efectividad del encierro se mide por la pérdida por inserción. Lo normal es que estos encierros entreguen pérdidas de

aproximadamente 10 a 30 dB, esta pérdida es en función de los materiales utilizados, el diseño y los escapes acústicos que puedan producirse, los cuales pueden afectar considerablemente el coeficiente de pérdida de transmisión del sonido. [MINSAL 2000]; [Beranek, 1961]

- Barreras Acústicas: Esta forma de control de ruido resulta efectiva especialmente en espacios abiertos, siendo las mas utilizadas para controlar el ruido de tráfico vehicular y construcciones aledañas a centro poblados. La pérdida por inserción estimada es en función de la distancia de recepción, la frecuencia y el índice de directividad de la fuente. Otro punto importante a tener en consideración son los efectos de difracción producto de los bordes perimetrales. En el caso de barreras usadas en interiores aparecen nuevas variables a considerar como volúmenes y características acústicas del recinto.[Pfretzschner y Col., 1999]
- Control Activo de Ruido: Las medidas anteriormente mencionadas son consideradas control pasivo de ruido, estas trabajan sobre un determinado rango de frecuencia sobre el cual fueron diseñados. Cuando operativamente el control pasivo es poco eficiente, el control activo de ruido es una medida efectiva a evaluar. Este método, en el cual el ruido es combatido, haciendo un análisis del espectro de las frecuencias puntuales que contienen mayor energía, agregando a la fuente activamente energía acústica, tiene la ventaja de tener buenos resultados atacando frecuencias bajas, que por lo general el control pasivo es menos eficiente, aparatoso y costoso. Estas emisiones deben ser canceladas aportando frecuencias desfasadas en 180° (principio de cancelación) justamente en las frecuencias de mayor energía y así crear un campo acústico antirruido. La limitante de este método está en que su utilización es efectiva donde el ruido esta confinado, teniendo los mejores resultados en conductos. [Falch, 1997] [Pfretzschner y Col., 1999]

5.4.3. CONTROL SOBRE EL RECEPTOR

Cuando las medidas de control no pueden ser asumidas por medios organizativos ni de tipo técnico como control en la fuente o vía de transmisión, por los costos que conlleva principalmente para pequeña y mediana empresa, así como para empresas donde el control de ruido operativamente no es viable, el uso de elementos de protección personal (EPP) se transforma en principal alternativa a adoptar, siendo el Elemento de Protección Auditiva (EPA) el método contra el agente ruido.

En el caso donde el protector auditivo es la alternativa asumida hay que tener presente que para la selección hay que identificar los peligros, evaluar y caracterizar el ruido y tener presente que ciertas condiciones ambientales pueden afectar la vida útil y rendimiento del protector.

Existen diferentes tipos de protectores auditivos y su elección deberá estar orientada a obtener un nivel de presión sonora efectivo bajo el nivel de acción, el cual será el nivel de exposición continuo equivalente diario sobre el que se recomienda el uso de protección auditiva. Los elementos de protección auditiva permitidos en Chile son los certificados bajo normas extranjeras y deben proporcionar al cliente la ficha técnica, en español y contar con las características del protector. El Instituto de Salud Pública de Chile clasifica los EPA de la siguiente manera:

- Orejeras: Estos protectores cubren completamente el pabellón auditivo, sellando el pabellón con una almohadilla, además poseen un arnés que puede estar ubicado sobre la cabeza, detrás la nuca o en la barbilla. También existen orejeras acoplables a un casco, estos orejeras poseen un brazo de acople que cumple la función del arnés.

- Tapones: Estos dispositivos se insertan en el conducto auditivo y bloquean la transmisión del ruido vía aérea. Existen tapones auditivos desechables y reutilizables, además se pueden clasificar según su adaptabilidad al uso en: tapones moldeables por el usuario, tapones premoldeados, tapones personalizados o hechos a la medida del usuario y tapones unidos por arnés.
- Protectores Auditivos Especiales: En estos protectores la curva de atenuación depende del nivel de presión sonora. Entre estos protectores tenemos los activos que incorporan circuitos electroacústicos que atenúan el ruido por el principio de cancelación, están las orejeras con sistemas de comunicación que incorporan sistemas electroacústicos de intercomunicación y están los cascos anti-ruido que cubren el pabellón auditivo y gran parte de la cabeza con lo cual además de reducir el nivel de transmisión de ondas sonoras vía aérea también disminuyen la transmisión vía ósea. [ISP 2007] [Orta, 2009]

5.4.3.1 Evaluación de la Eficiencia de los EPA

Lo primero a considerar para la selección de un protector auditivo es la atenuación sonora que ofrece para garantizar una protección eficaz (bajo el nivel de acción), además, el protector no debe dificultar la percepción del habla ni señales de peligro.

A partir de los niveles de presión sonora equivalentes ponderados “A”, se han desarrollado diferentes procedimientos para calcular el nivel de presión efectivo que entrega el EPA. Estos procedimientos entregan diferentes grados de protección y su cálculo se realiza a partir de la información que entrega el protector (atenuación media y desviación estándar) por banda de frecuencia, los niveles medidos y el grado de protección utilizado.

5.4.3.1.1 Método de Bandas de Octava

En la guía para la selección y control de protectores auditivos elaborada por el Instituto de Salud Pública, este método aparece como el más exacto. El cálculo se realiza con datos dados en bandas de octava desde los 63 Hz hasta los 8000 Hz, por lo cual, se debe contar con las mediciones con filtro de octavas o tercios de octava de los niveles de presión sonora equivalente con ponderación “A”. Los datos proporcionados por el fabricante, por cada banda de frecuencia, son los siguientes:

- m_f : Atenuación sonora promedio
- S_f : Desviación estándar

Con estos datos podemos calcular:

- APV_f : Protección asumida por el protector auditivo (si el fabricante no entrega el valor a los 63 Hz el cálculo se realiza desde los 125 Hz)

Disponiendo de los Niveles equivalentes por banda de octava (L_f) se realizan los cálculos. El APV_f se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$APV_f = m_f - \alpha * S_f \quad (3)$$

En este método se considera $\alpha=1$ (utilizado en las normativas NCh 1331/6, Europea y E.E.U.U.) y está asociado a un grado de protección de 84%.

Los niveles de presión sonora efectivos en el oído por frecuencia (L'_f) se calculan de la siguiente manera:

$$L'_f = L_f - APV_f \quad (4)$$

Finalmente el Nivel de Presión Sonora Efectiva Ponderado “A” (L'_A), se calcula realizando la siguiente suma logarítmica:

$$L'_A = 10 * \text{Log} \sum 10^{0.1 * L'_f} \quad (5)$$

La aplicación del Método de Bandas de Octavas NIOSH N° 1 se realiza siguiendo los mismos procedimientos del Método de Bandas de Octavas normalizado NCh 1331/6, el cual considera $\alpha = 2$. [ISP 2007]

5.5. MAPA DE RUIDO

Un Mapa de Ruido es un conjunto de mediciones o modelaciones de ruido (descriptor), distribuidas adecuadamente en el espacio y en el tiempo, como si fuera una fotografía sonora. Nos entrega información visual del comportamiento acústico de un área geográfica, en un momento determinado. Los niveles son representados por medio de colores a modo de curvas topográficas en un plano.

Las ventajas y aplicaciones de un mapa de ruido son las siguientes:

- Conocimiento científico de la realidad acústica, identificando principales fuentes de ruido, localización, zonas más ruidosas, causas y problemas, además las zonas silenciosas, o no contaminadas.
- Conocimiento sobre riesgos para la salud, entregando acceso a la información ambiental.
- Información y apoyo para la toma decisiones, apoyo en la gestión en control de ruido, establecimiento de prioridades ambientales.
- Evaluación de impacto ambiental, monitoreo de metas ambientales y reducción de la contaminación. [Suárez 2004]

Para efectos de este estudio, el mapa de ruido será representado por valores estimados mediante interpolación de puntos y curvas de nivel (técnica topográfica utilizada para representar superficies). Este mapa constituye la representación grafica del comportamiento del ruido en la Nave Fundición.

5.5.1. CURVAS DE NIVEL

Para determinar la representación gráfica de la superficie de un terreno, es necesaria la modelización de ésta, considerando la altura z de los puntos referenciales seleccionados para esta representación. El siguiente paso es construir una red irregular de triángulos, los que se obtienen enlazando los puntos y posteriormente la interpolación de los lados de estos triángulos para realizar el dibujo de las curvas de nivel, las que están a distancias definidas y equidistantes.

Las curvas de nivel son líneas imaginarias que unen los puntos de un mapa que tienen la

misma altura, éstas no pueden dividirse en dos o más curvas y la superficie entre dos curvas se considera uniforme. [GISITS, 2010]; [Martínez y Torrecillas, 1998]

5.5.2. TRIANGULACIÓN

Esta técnica consiste en unir puntos definidos en una superficie generando triángulos irregulares los cuales pertenecen a la superficie plana de primer orden que se apoya en los vértices de cada triángulo y representan las caras de una superficie poliédrica que es una representación real de un terreno. Estos triángulos son planos y representan pendientes constantes. A partir de estas pendientes se puede interpolar la elevación de estos puntos, que definen los lados de los triángulos, en función de la equidistancia deseada. [Martínez y Torrecillas, 1998]; [GISITS, 2010]

5.5.3. INTERPOLACIÓN DE PUNTOS

La interpolación lineal de puntos, para efecto de las curvas de nivel, consiste en la estimación de los valores que alcanza una variable z a partir de una función $z = f(x, y)$, considerando valores de z medidos en una muestra de puntos situados dentro de una misma área de estudio. La función que representa estas intersecciones equidistantes es la siguiente:

$$f(x_1, x_2) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) \quad (6)$$

5.6. AISLAMIENTO ACÚSTICO CON REVESTIMIENTO PARA CONDUCTOS CIRCULARES

Una medida habitual para reducir la radiación sonora de conductos circulares es por medio del aislamiento con revestimiento, el cual por lo general está compuesto por algún tipo de fibra cubierta con una malla fina de metal cerca de un 1mm de espesor. La eficacia del revestimiento en el aislamiento acústico no depende solo de su estructura, sino también del diámetro del conducto. La pérdida por inserción D_e se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$D_e = \frac{40}{1 + 0.12d_a} \text{Log} \left(\frac{f}{2.2f_0} \right) \text{ para } f > f_0 \quad (7)$$

Con

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{m'' h_f}} \text{ frecuencia de corte} \quad (8)$$

m''	masa de la lámina m^2
h_f	espesor de la fibra mts.
d_a	diámetro exterior del conducto mts.
f	frecuencia en Hz

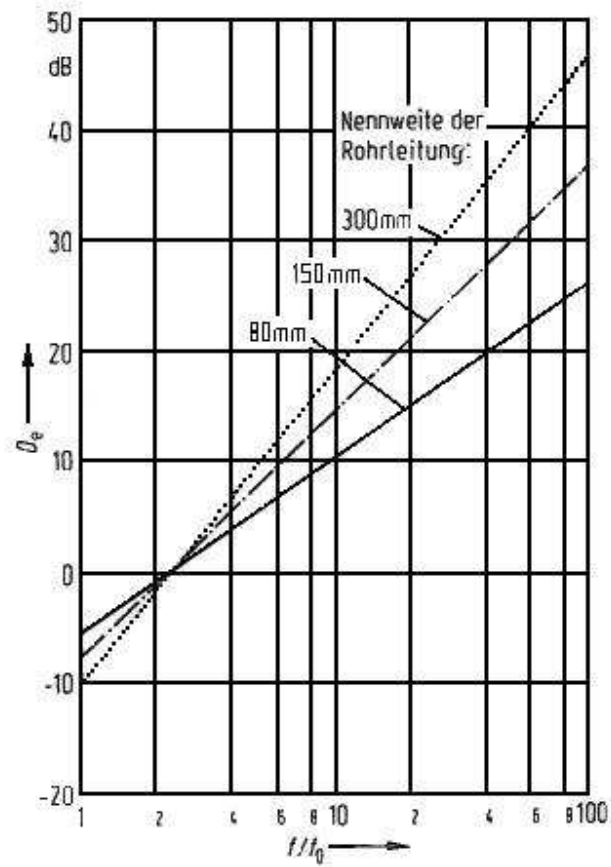


Figura 5.2. “Aproximación de la pérdida por inserción de revestimientos” [München y Möser, 2003]

Esta relación es para revestimiento sin separadores metálicos. La figura 4.2. muestra curvas de pérdida por inserción para revestimiento de tubería (de 100mm de espesor) sobre tuberías con diámetros de 80, 150 y 300mm. [Müller y Möser, 2003]

5.7. DECRETO SUPREMO N° 594/1999 MINSAL

El Decreto Supremo 594 establece las condiciones sanitarias y ambientales a cumplir los lugares de trabajo, además de los límites de exposición a agentes biológicos, químicos y físicos, que un trabajador durante una jornada laboral, puede estar expuesto sin riesgos a contraer una enfermedad profesional.

Será el Ministerio de Salud quien velará por el cumplimiento del decreto y fiscalizar las obligaciones de las empresas a mantener ambientes laborales libres de contaminantes para sus trabajadores, ya sean propios o contratistas.

El párrafo III del reglamento habla de los agentes físicos. Del artículo N° 70 hasta N° 82 se establecen los límites permisibles de dosis de ruido a los que un trabajador puede estar expuesto en una jornada laboral, distinguiendo el ruido estable, fluctuante e impulsivo. También los requerimientos de los equipos de medición para que cumpla con las exigencias señaladas en las normas IEC 651-1979, IEC 804-1985 y ANSI S.1.4-1983.

En cuanto al ruido estable y fluctuante, deberán ser medidos los niveles de presión sonora continuos (NPSeq o Leq) con ponderación “A” y en respuesta lenta, se expresarán en dB(A) lento. Las mediciones se realizarán con el micrófono del equipo a la altura del oído del trabajador y no deberá sobrepasar los 85 dB(A) lento para una jornada laboral de 8 horas.

Para el ruido impulsivo se medirá el nivel de presión sonora peak (NPS peak) con ponderación “C”, es decir se expresaran en dB(C) peak. La norma establece que ningún trabajador podrá estar expuesto a niveles de presión sonora peak superiores a 95 dB(C) peak para una jornada de 8 horas continuas.

5.7.1. SOBRE EL CÁLCULO DE LA DOSIS

El cálculo del Leq total de una jornada se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$LeqT = 10 * \left(\frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n t_i * 10^{\frac{Lp_i}{10}} \right), \quad (9)$$

Donde: $T = \sum_{i=1}^n t_i$

t_i : Tiempo de exposición al nivel Lp_i , medido para una actividad i

El cálculo del tiempo permitido se realiza con la siguiente ecuación:

$$t_p = T_{ref} * 2^{\frac{(NPS_{ref} - NPS_{med})}{3}} \quad (10)$$

Donde:

$T_{ref} = 8hrs$: Tiempo de referencia

$NPS_{ref} = 85dBA$; $q=3$

La dosis se calcula:

$$D = \frac{T_e}{T_p} \quad (11)$$

donde:

T_e : tiempo de exposición al NPS del ruido

T_p : tiempo permitido para el NPS del ruido

Ahora el tiempo permitido en Chile para cualquier NPS es:

$$T_p = 8 * 2^{\frac{(85 - NPS)}{3}}$$

(12)

Por tanto la dosis de ruido, en función de su NPS y tiempo de exposición es:

$$D = \left(\frac{T_e}{8} \right) * 2^{\frac{(NPS - 85)}{3}}$$

(13)

Ningún trabajador podrá estar expuesto a más de 115 dB(A) lento para el caso del ruido estable o fluctuante y a más de 140 dB(C) peak para ruido impulsivo sin uso de elementos de protección auditiva. La dosis máxima a la cual un trabajador podrá estar expuesto en una jornada laboral de 8 horas será de 1 (100%).

En cuanto al uso de elementos de protección auditiva, se entenderá que cumple con la norma siempre y cuando la diferencia entre el nivel de presión sonora continua equivalente o el nivel de presión sonora peak, según sea el tipo de ruido al que el trabajador este expuesto, y el nivel de reducción de ruido que otorga el protector auditivo cumple con el reglamento. [D.S. 594 1999]

6. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Con el fin de obtener una representación de la realidad acústica de la Nave Convertidores y evaluaciones de propuestas de mitigación del ruido, se desarrolló una metodología para realizar mediciones de niveles de presión sonora, que cumpliera con las exigencias de seguridad establecidas por la Superintendencia de Operaciones. Fundamentalmente, estas exigencias se refieren a lugares que no presenten condiciones subestándar de seguridad.

Con las mediciones obtenidas se realizó un mapa de ruido de la Nave Fundición y se evaluó la eficiencia de los protectores auditivos utilizados en FUCO. Además, realizaron mediciones para evaluar las propuestas de control de ruido diseñadas y la barrera acústica implementada en el CPS N°2.

6.1. EQUIPOS UTILIZADOS

La totalidad de las mediciones se realizaron con dos equipos:

1. Sonómetro integrador tipo 2 marca Rion modelo NL 22
2. Sonómetro integrador tipo 2 marca Quest modelo Sound Pro 2200

Ambos equipos fueron debidamente calibrados previa toma de mediciones (114 dB a 1000 Hz). Para la realización del mapa de ruido, en cada punto se midió el Nivel de Presión Sonora Equivalente, el sonómetro fue puesto en modo “Slow”, en bandas de tercio de octavas y filtro de ponderación “A”. Para la evaluación de las medidas de control se midió en cada punto el Nivel de Presión Sonora Equivalente, con el sonómetro en modo “Slow”, banda de tercios de octavas con filtro de ponderación “A” y respuesta plana.

6.2. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

Para complementar la información, se solicitó un informe, con las especificaciones de la distribución de los cargos al Ingeniero Especialista FUCO y al Jefe de Unidad de Planificación y Control (REMO).

Se realizaron 400 mediciones aproximadamente, de las cuales 267 fueron para la elaboración del mapa de ruido, las restantes fueron evaluaciones de sectores particulares y de las medidas de control implementadas. Consecuentemente, dependiendo del objetivo de las diferentes mediciones se han identificado los dos tipos como “mapa de ruido” y “evaluaciones” respectivamente.

6.2.1. EVALUACIONES.

Se consideró una distancia de 1,5 metros del suelo y a 1,2 metros, al menos, de los equipos y de paredes reflectantes, la cual se pudo incrementar en algunos casos. Se trató de representar de mejor manera el ruido al que se exponen los trabajadores en las inmediaciones de las maquinarias y equipos, especialmente en las áreas de tránsito. En sectores de exposición a gases de anhídrido sulfuroso, proyección de partículas incandescentes y correas transportadoras, las mediciones se realizaron a distancias que variaban de 2 a 4 metros de las fuentes de ruido, esto dependiendo del riesgo al cual se estuviese expuesto.

Para lograr obtener de manera mas precisa los sectores representativos de la exposición del personal, se evaluó in situ los sectores, observando los puestos de trabajo de los diferentes operarios y operadores para seleccionar lugares y puntos de exposición de estos en los diferentes equipos que conforman el proceso de fundición.

Para la evaluación del proyecto piloto, de instalación de una Barrera Acústica frente al Convertidor Pierce Smith N° 2, se seleccionaron puntos frente a la línea de toberas (zona de punzado).

Se realizaron pruebas para evaluar el aislamiento de las cabinas de punzado en condiciones normales de operación, vale decir durante el repaso de toberas, para esto se midió tanto dentro como fuera de las cabinas en las condiciones de mayor ruido. En las salas de control y descanso, se evaluó el confort acústico, realizando mediciones en condiciones normales de operación de los equipos, siguiendo los criterios de mediciones en interior de recintos.



Figura 6.1. “Medición en terreno”

6.2.2. MAPA DE RUIDO

Para la elaboración del Mapa de Ruido de la Nave Fundición (FUCO y REMO) se seleccionaron los lugares de tránsito, mantención y operación de equipos, tanto dentro como fuera de la Nave Fundición y esto son: pasillos, calles y plataformas.

Para los puntos en el interior Nave, se siguieron los procedimientos del punto anterior, en el exterior Nave se realizaron mediciones a un máximo de 8 metros de distancia y a no menos de 4 metros, esto dependiendo de las fluctuaciones en los niveles ruido, el cual se encontraba influenciado por trabajos de maquinaria pesada, conducción de aire a presión y tránsito vehicular.

La selección de los puntos de medición para la realización del presente trabajo, se realizó en base a los siguientes criterios:

6.2.2.1. FUCO

La Unidad FUCO de la Superintendencia de Operaciones FU, manifestaron su interés de evaluar sectores establecidos como puntos críticos en los informes anuales elaborados por la Gerencia de Riesgos Profesionales (GGRP). Estos informes establecen los puntos con mayor o menor grado de peligro y tiene relación con las dosis a las que están expuestos los trabajadores, según su cargo, área de trabajo y tiempo de exposición.

Las condiciones operacionales para la toma de muestras se realizaron en circunstancias normales de operación de los hornos, vale decir, que no se encuentren en mantención o detenidos. Las mediciones son realizadas en lugares de tránsito y lugares de trabajo de operadores y operarios, cabe mencionar que no se dan condiciones en las cuales todos los hornos se encuentren en pleno funcionamiento. El CPS N° 4 es utilizado cuando el CPS 1, 2 o 3 se encuentra en mantención, por lo que las mediciones para la elaboración del mapa de ruido no lo contempla en funcionamiento.

6.2.2.2. REMO

En la unidad REMO, las mediciones se realizaron en la cancha de Ánodos y RAF en estado de moldeo; proceso en el cual se encuentran trabajadores en el sector. Existen periodos en que los niveles son mayores, principalmente cuando los hornos se encuentran en estado de carguío y los quemadores están con los más altos niveles de enriquecimiento de aire-oxígeno. No obstante, el personal se encuentra expuesto a estas condiciones solo en forma ocasional. En el proceso de moldeo solo un horno se encuentra activo y puede encontrarse en diferentes etapas de oxidación las cuales definen los niveles de ruido que el horno puede aportar a la cancha de moldeo. En este sector se siguió la metodología de retícula por tratarse de un sector relativamente abierto, pero no todos los puntos fueron posibles de ubicar en el nodo, dadas las condiciones operacionales y la distribución de materiales. En estos casos se trato de ubicar los puntos en el sector más cercano al nodo definido.

6.3. TIEMPO DE MEDICIÓN

Se observaron dos tipos de ruidos (según la definición D.S. 146 del MINSEGPRES) presentes en la Nave Fundición:

- Fluctuantes: variaciones de nivel de presión sonora mayores a 5 dB(A) lento, en un periodo de medición igual a 1 minuto.
- Continuos: variaciones de nivel de presión sonora menor o igual a 5 dB(A), lento en un periodo de medición igual a 1 minuto. [D.S. 146 1997]

Para los ruidos fluctuantes se realizaron mediciones de 3 minutos (golpes, chancado, punzado de toberas, etc.) y 1 minuto para ruidos continuos, (extractores o campanas, hornos, motores, ventiladores, etc.). Los criterios antes establecidos sobre los tiempos de

medición, fueron determinados por el área de prevención de riesgos de la Superintendencia de Operaciones, en base al grado de riesgo que representa el sector evaluado y exposición a agentes peligrosos.

En sectores de exposición a gases y proyección de partículas incandescentes, las mediciones se realizaron en tiempos menores a los establecidos en el párrafo anterior, pero no menores a 30 segundos. Por tratarse en su gran mayoría de ruidos del tipo continuo, se lograba una rápida estabilización de la señal, es decir, la señal no presentó fluctuaciones mayores a 1 dB(A) lento durante la medición, por lo tanto, resultaron representativos de los niveles existentes en estos sectores.

Las mediciones para el diseño del mapa de ruido se realizaron en un periodo de tres meses aproximadamente, mediante un barrido de mediciones ambientales. Cabe mencionar que hasta el momento de realizado este trabajo no existía un mapa de ruido en la fundición.

Debido a la existencia lugares de alto riesgo, como la cancha de tazas y pisos superiores, en los cuales se realizan trabajos ocasionales y existe el riesgo de ser atrapado por correas transportadores, caídas a distinto nivel, exposición a gases y espumación de los hornos, las mediciones se efectuaron en tiempos que, bajo el criterio del personal a cargo del sector, no representaban algún peligro.

7. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO

7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

7.1.1. FUGAS DE AIRE EN TODA LA NAVE

La Fundición Caletones cuenta con dos plantas de oxígeno, aire y nitrógeno (POAN) que abastecen los diferentes procesos para la obtención de Cobre. El suministro desde la POAN, es transportado en redes de diferentes diámetros y volúmenes de flujos. Estas redes (piping) en algunos puntos presentan fugas, principalmente en uniones (universales, falanges, etc.), generando niveles de presión sonora que incrementan el ruido en la Nave.

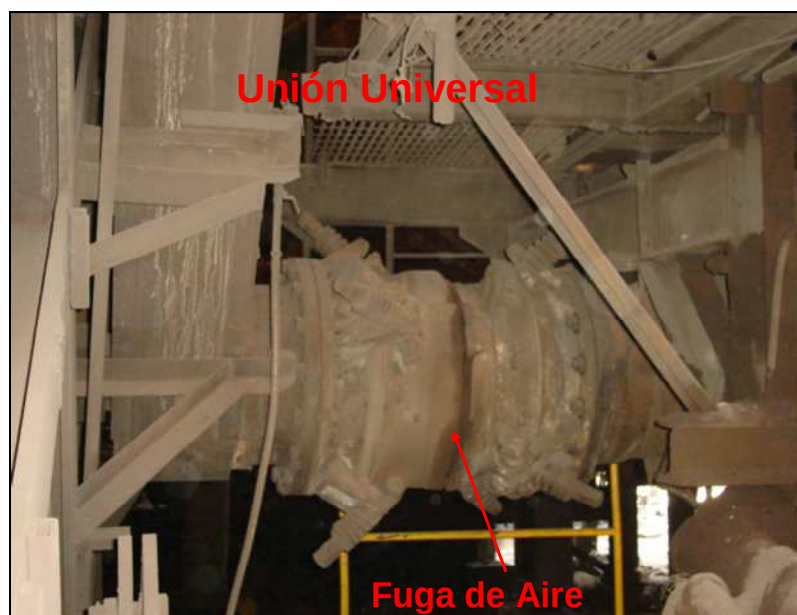


Figura 7.1. “Fuga de Aire en Unión Universal CPS2”

7.1.2. PUNZADO DE TOBERAS DE CT Y CPS

La fusión del concentrado de cobre y su oxidación, se realiza a través de un proceso químico, en el cual el azufre, presente en altos niveles en el concentrado, se oxida en presencia de oxígeno, generando temperaturas sobre los 1200°C. Los Convertidores Teniente y Pierce Smith, poseen toberas (conductos sumergidos en el baño) que inyectan aire enriquecido con diferentes niveles de oxígeno (de 22 a 38 % dependiendo del horno y de su estado). Para mantener estas toberas abiertas (libres de acreciones), estos Convertidores tienen Máquinas punzadoras (Gaspé) que, por medio de una barretilla (análogo a un chuzo), despejan las toberas. Esta acción deja escapar gas al exterior generando altos niveles de ruido.



Figura 7.2. “Punzado de Toberas”

7.1.3. FUGAS DE AIRE EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS TOBERAS

Para alimentar las toberas, el aire enriquecido con oxígeno llega a una cámara de compensación de presiones (Armónica), desde la cual bajan conductos hasta éstas, creando un sistema rígido, unido con soldaduras y niples. Cuando la máquina Gaspé golpea el cabezal de las toberas debilita estas uniones las que terminan ocasionando fracturas en los conductos que finalmente se convierten en fuentes generadoras de ruido.

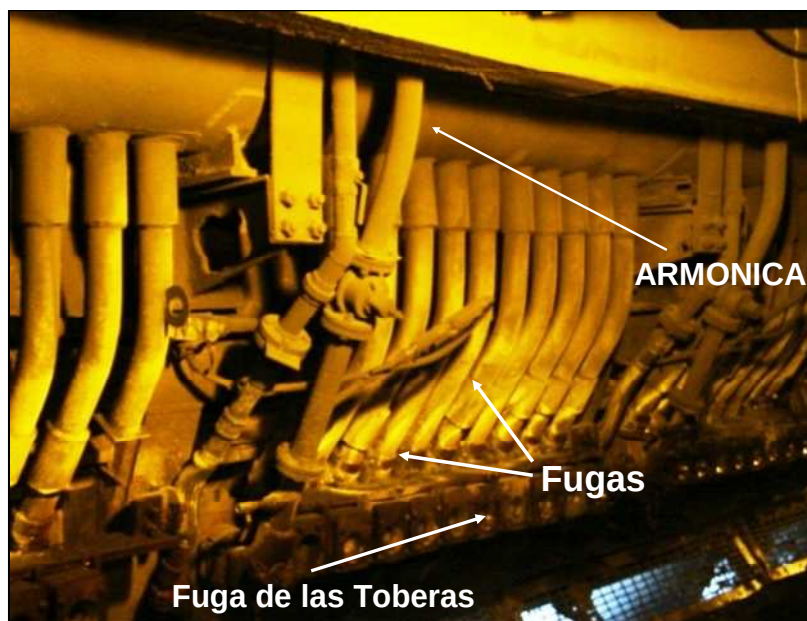


Figura 7.3. “Fugas de Aire de las Toberas”

7.1.4. GAR-GUNN

Los Convertidores Teniente requieren fundente (cuarzo) para la fusión del concentrado seco de cobre y carga fría para estabilizar la temperatura del baño. Estos materiales se ingresan por una ventana ubicada en la parte superior del lado Rancagua de ambos hornos. Para que los materiales no se concentren en un sector del horno, un conducto de 2”,

aproximadamente, inyecta aire empujando los materiales al centro del baño (GAR-GUNN). Este despiche de aire genera los mayores niveles de presión sonora en la Nave.



Figura 7.4. “GARR-GUN Convertidores Teniente”

7.1.5. QUEMADORES SUMERGIDOS HLE

En los Hornos de Limpieza de Escoria la combustión que produce el quemador sumergido de aire, oxígeno y petróleo (ENAP 6), es la principal fuente generadora de ruido cuando queda expuesto (fuera del baño) en el proceso de escoriado, debido a la posición del horno. Mientras el quemador permanece sumergido en el baño las emisiones de ruido bajan considerablemente. Aunque en menor medida, también es una fuente generadora de ruido el sistema de flexibles corrugados que transportan el aire y el oxígeno a los quemadores.

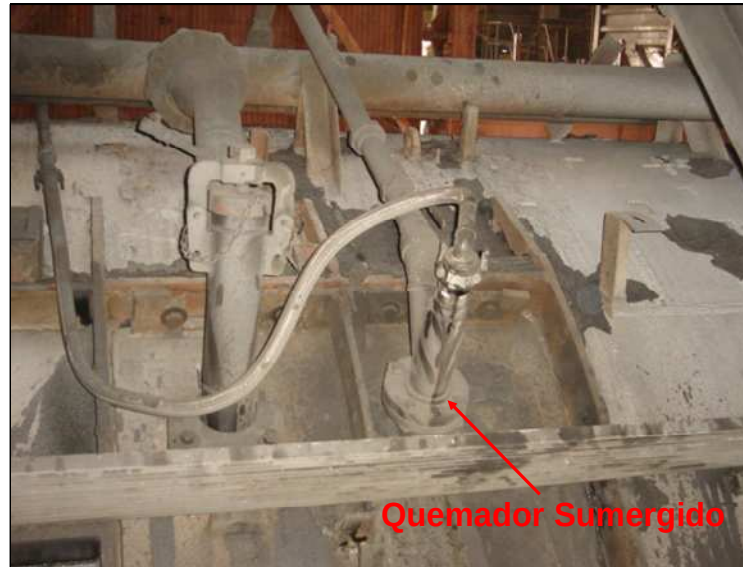


Figura 7.5. “Quemador Sumergido Hornos Limpieza de Escoria”

7.2 DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE MEDIDAS DE CONTROL

Durante el proceso de medición se obtuvo información acerca de la operación y mantención de la maquinaria utilizada en el proceso pirometalúrgico de obtención del cobre. Estos antecedentes permitieron determinar preliminarmente algunas medidas de control de ruido.

Una medida preliminar de control de ruido en la Nave Convertidores es la implementación de barreras acústicas en la zona de punzado de los CT y CPS. Sin embargo, se debe considerar que el pasillo de punzado es un sector de tránsito de personal, por lo cual esta medida debe ser analizada desde este punto de vista. Además, los espacios que circundan los diferentes hornos difieren en tamaño y forma, por lo tanto, para llevar a cabo este tipo de control, el diseño de la barrera debe considerar la mantención y operación de los hornos. También se debe considerar el tipo de material, ya que el ambiente es agresivo para los metales, y en el caso de los plásticos o policarbonatos se debe considerar que existe exposición a partículas incandescentes y altas temperaturas.

Otra medida es la implementación de flexibles lisos en el sector de las toberas. Como se indicó anteriormente, en el sistema de alimentación de aire-oxígeno se producen fracturas por la rigidez del mismo. El tipo de flexible a utilizar debe cumplir con los requerimientos técnicos respecto a las temperaturas máximas que deben soportar, puesto que, los cascos de los hornos deben resistir temperaturas que varían en el tiempo, según el espesor de los ladrillos refractarios, que van reduciendo su espesor a medida que se oxidan los metales en su interior.

7.3. SITUACIÓN RESPECTO AL D.S. 594/ 1999 MINSAL

En base a los informes anuales entregados por la Unidad de Higiene Industrial de la Gerencia General de Riesgos Profesionales (GGRP), que contienen mediciones personales de dosis de exposición y niveles ambientales de ruido en algunos puntos de la Unidad Fusión Conversión, se pueden establecer los grados de exposición al que se encuentran los trabajadores de esta unidad y su situación respecto al D.S. N° 594/1999 del MINSAL. Los resultados de las dosimetrías expuestas en las tablas a continuación relacionan el grado de exposición de los trabajadores en los diferentes cargos y puestos en donde estos desempeñan.

Los resultados de las dosimetrías desde el año 2007 hasta la fecha se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 7.1. “Resultado dosimetrías año 2007”

Función / Cargo	Peak dB	Leq _{A,S} dBA	L _{máx} dBA	Dosis nominal Tanto/1	Dosis Proyectada % (8 h)	Clasificación Riesgo
Operador HLE/ Controlador procesos CPS-HLE	123,8	89,5	118,8	1,92	2,84	Crítico Intolerable
Ayudante Operador CTTE 2 / Operario Fundición	147,9	98,7	134,2	14,67	23,41	Crítico Intolerable
Sangrador / Operario Conversión	120,0	98,1	113,9	13,9	20,45	Crítico Intolerable

Tabla 7.2. “Resultado dosimetrías año 2008”

Cargo (Operación Equipo - Función)	Peak dB	Leq _{A,S} dBA	L _{máx} dBA	Dosis nominal Tanto/1	Dosis Proyectada (8 h)	Clasificación de Riesgo Exposición
Controlador Procesos CPS-HLE (HLES # 4)	134,6	91,2	111,1	2,64	4,16	Crítico Intolerable
Operario Conversión (Sangrador)	117,7	90,1	111,0	2,37	3,28	Crítico Intolerable
Maestro Conversión (Operador CPS # 3)	129,8	87,7	114,0	1,06	1,86	Crítico Intolerable

Tabla 7.3. “Resultado dosimetrías año 2009”

Función	Peak dB	Leq _{A,S} dBA	L _{máx} dBA	Dosis nominal Tanto/1	Dosis Proyectada (8 h)	Clasificación del Riesgo Exposición
Operario CP's	134,1	93,2	111,0	4,5	6,7	Inaceptable
Sangrador CTTE 2	139,5	96,6	120,1	10,3	14,6	Inaceptable
Operario CTTE 2, (Punzonadora)	130,8	96,7	111,3	13,0	14,9	Inaceptable
Ayudante CPS	134,4	93,1	110,0	5,9	6,5	Inaceptable
Escoriador, Sangrador	127,1	97,9	119,6	17,2	19,7	Inaceptable

Tabla 7.4. “Resultado dosimetrías año 2010”

Función	Peak dB	Leq _{8h} dBA	L _{max} dBA	Dosis nominal Tanto/1	Dosis Proyectada (8 h)	Clasificación del Riesgo Exposición
Sangrador Escoria TTE 1	123,5	91,7	110,8	3,7	4,7	Inaceptable
Ayudante de Operador, (terreno) TTE 1	117,4	96,1	112,4	9,6	12,9	Inaceptable
Operador Máquina Gaspé TTE 1	135,2	101,2	112,6	32,7	42,2	Inaceptable
Sangrador Metal Blanco	134,1	96,4	112,1	10,7	13,9	Inaceptable

Se puede apreciar que todos los puestos de trabajo evaluados presentan niveles de exposición que superan la normativa vigente, siendo los más críticos los del Operador FU (Operador Máquina Gaspé), sangradores lado escoria y ayudante operador de los Convertidores Teniente. También, se puede apreciar que las dosis de ruido han aumentado en el transcurso de los años, lo que es atribuible al cambio tecnológico implementado que no ha considerado esta variable.

La Unidad presenta altos niveles de exposición, no obstante, se debe considerar que los trabajadores no están presentes en los lugares de mayores NPS durante toda la jornada, por lo cual la dosis depende de la etapa en que se encuentre el horno y la eventualidad de que se generen problemas que requieran la presencia del operario u operador en ciertos puntos críticos (ejemplo limpieza del GARR-GUN, punzado manual de toberas en los CT o la limpieza de las toberas de carboncillo en los HLE).

7.4. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO

En su gran mayoría, las fuentes de ruido presentes en la Nave Fundición, se debe a la conducción por cañerías (piping) de aire y oxígeno a los diferentes procesos. Dependiendo el tipo de actividad y equipos utilizados las presiones varían entre 20 Psi y 75 Psi, las cuales generan señales donde la energía se concentra en frecuencia medias-altas, características del flujo de aire.

Las siguientes gráficas representan las fuentes de ruido en diferentes sectores de la Nave Fundición:

7.4.1. NAVE FUCO

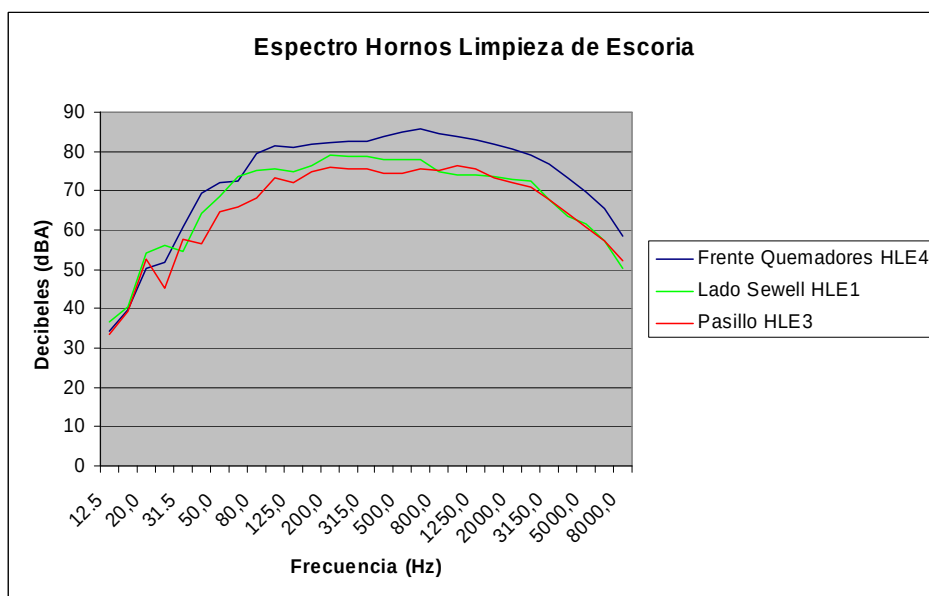


Figura 7.6. “Espectro Ruido Hornos Limpieza de Escoria”

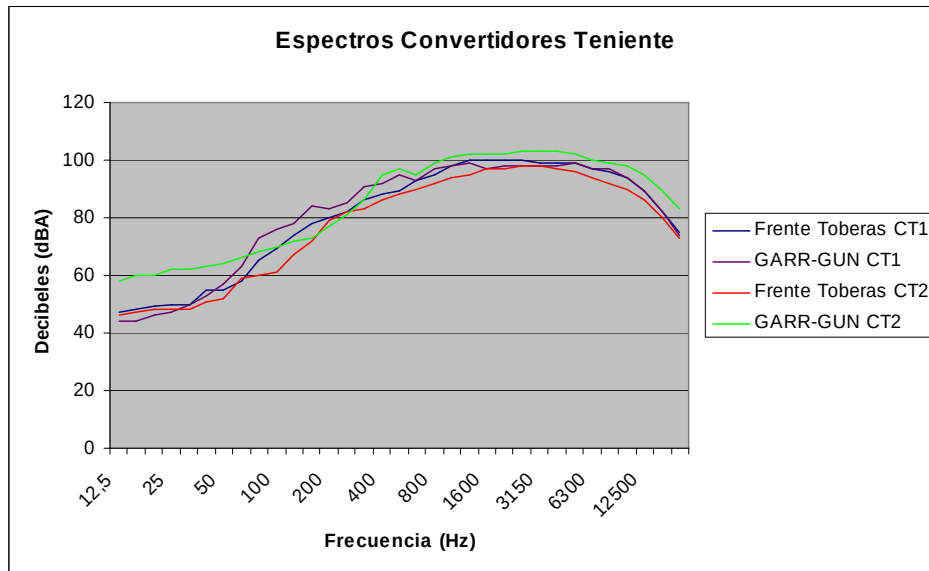


Figura 7.7. “Espectro Ruido Convertidores Teniente”

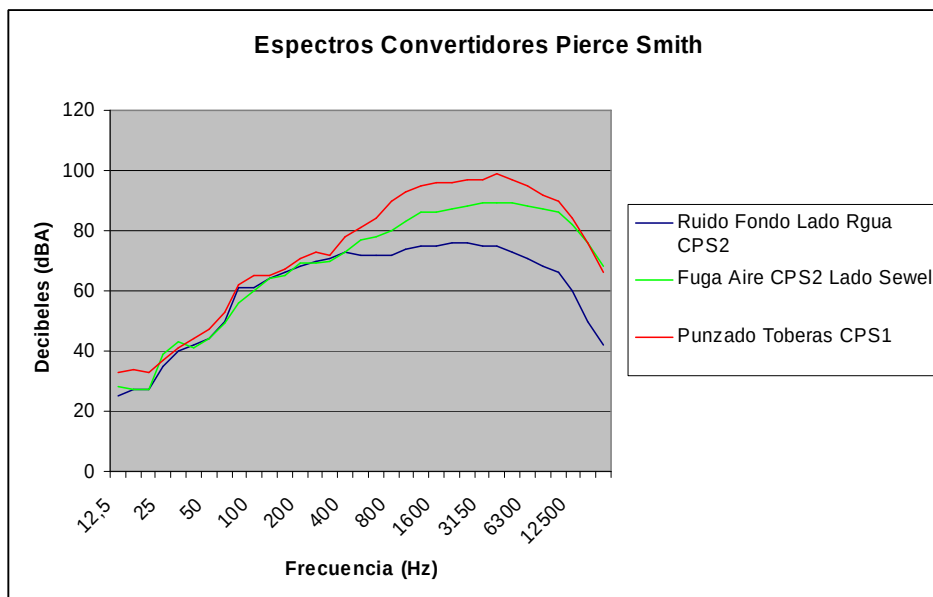


Figura 7.8. “Espectro Ruido Convertidores Pierce Smith”

En cuanto a los espectros de frecuencia de los Hornos de Limpieza de Escoria, se puede observar que el ruido presenta una concentración similar entre las frecuencias bajas, asociadas a resonancias producto de la exposición del quemador sumergido y algunas altas frecuencias, producto del paso del aire comprimido por los flexibles, válvulas y silbidos por aberturas.

En los Convertidores Teniente se observa una alta concentración de energía sonora entre la zona de los 315 Hz hasta los 12500 Hz, es decir, en media y alta frecuencia, lo que se traduce, también en altos grados de molestia y riesgo auditivo. Los equipos presentan espectros similares (CT1 y CT2).

El tipo de ruido asociado a estos equipos es generado por los altos flujos de aire y oxígeno, el punzado de toberas y el GARR-GUN, el cual varía según el flujo de aire ocupado para el ingreso de carga fría y fundente al baño.

En los Convertidores Pierce Smith se puede apreciar ruido de alta frecuencia generado por los altos flujos de aire-oxígeno y punzado de toberas. En estos equipos se observa una alta concentración de energía sonora en la zona de los 1000 Hz hacia delante, es decir, en alta frecuencia, lo que se traduce, también en altos grados de molestia y riesgo auditivo. Este equipo presenta espectro similar a los Convertidores Teniente. Las fugas en uniones de conductos de aire se visualizan en los espectros a partir de energías sobre los 500 Hz.

7.5. EFICIENCIA DEL EPA UTILIZADO EN LA FUNDICIÓN

En la Gerencia Fundición se tiene estandarizado el uso del protector auditivo de espuma moldeable marca 3M modelo 1100, esto basado en estudios realizados por la Unidad de Higiene Industrial de la Gerencia General de Riesgos Profesionales. Este modelo ofrece

una buena respuesta en términos de reducción del nivel ruido en frecuencias altas, que son las más predominantes en la Nave Fundición.

Para evaluar la eficiencia del 3M-1100, se aplicó el Método de Bandas de Octavas normalizado NCh 1331/6 y el Método de Bandas de Octavas NIOSH N° 1, considerando mediciones en los diferentes puestos de trabajo en las etapas de mayores niveles de exposición.

A continuación se presentan los resultados de las evaluaciones en las diferentes unidades de la Nave Fundición. Los Hornos de limpieza de Escoria no aparecen debido a que los niveles de ruido ambiental no superan los 95 dB(A).

Los resultados de las evaluaciones de los protectores auditivos, son las siguientes:

7.5.1. CONVERTIDORES TENIENTE

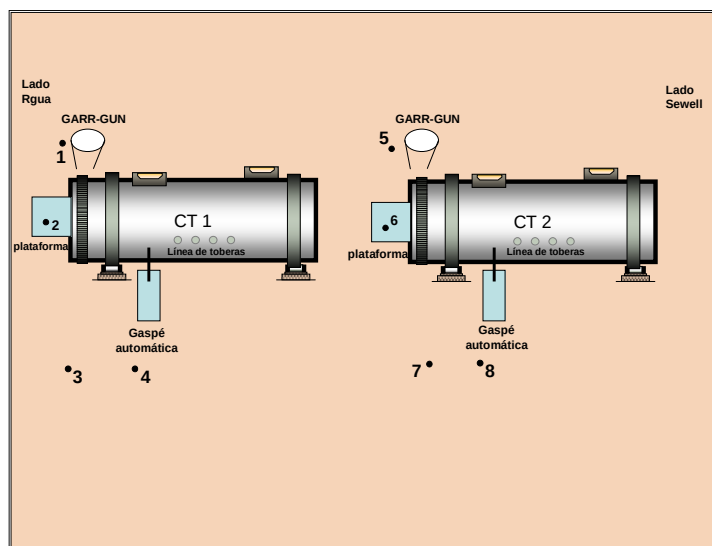


Figura 7.9. “Puntos de Medición Convertidores Teniente”

Tabla 7.5. “Evaluación del EPA 3M-1100, con los Máximos Niveles de los CT”

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8
NIOSH								
NPS	98,68	97,71	104,70	106,19	108,43	102,41	107,79	107,33
NPR	66,55	65,93	71,47	72,68	75,72	70,01	74,30	73,81
NPR-NPR	32,13	31,79	33,23	33,51	32,71	32,40	33,49	33,52
OCTAVAS								
NPS	98,68	97,71	104,70	106,19	108,43	102,41	107,79	107,33
NPR	63,63	63,03	68,57	69,77	72,81	67,11	71,39	70,90
NPR-NPR	35,05	34,68	36,13	36,42	35,62	35,29	36,40	36,42
Frecuencia Banda 1/8	NIOSH							
125	45,49	46,00	44,91	42,55	43,73	41,16	38,99	39,20
250	55,11	52,70	52,11	53,30	54,79	53,94	51,30	50,39
500	60,40	58,81	59,61	61,00	68,44	61,27	60,81	60,27
1000	61,86	62,01	65,29	65,47	69,94	65,25	66,99	66,99
2000	59,26	59,65	67,26	68,26	69,93	65,26	69,93	69,26
4000	55,45	52,45	63,45	65,45	66,45	59,45	67,06	66,73
8000	55,17	53,87	62,99	65,17	67,71	59,17	67,51	66,71
Frecuencia Banda 1/8	OCTAVAS							
125	42,29	42,80	41,71	39,35	40,53	37,96	35,79	36,00
250	52,01	49,60	49,01	50,20	51,69	50,84	48,20	47,29
500	57,40	55,81	56,61	58,00	65,44	58,27	57,81	57,27
1000	59,06	59,21	62,49	62,67	67,14	62,45	64,19	64,19
2000	56,36	56,75	64,36	65,36	67,03	62,36	67,03	66,36
4000	52,65	49,65	60,65	62,65	63,65	56,65	64,26	63,93
8000	52,07	50,77	59,89	62,07	64,61	56,07	64,41	63,61

7.5.2. CONVERTIDORES PIERCE SMITH

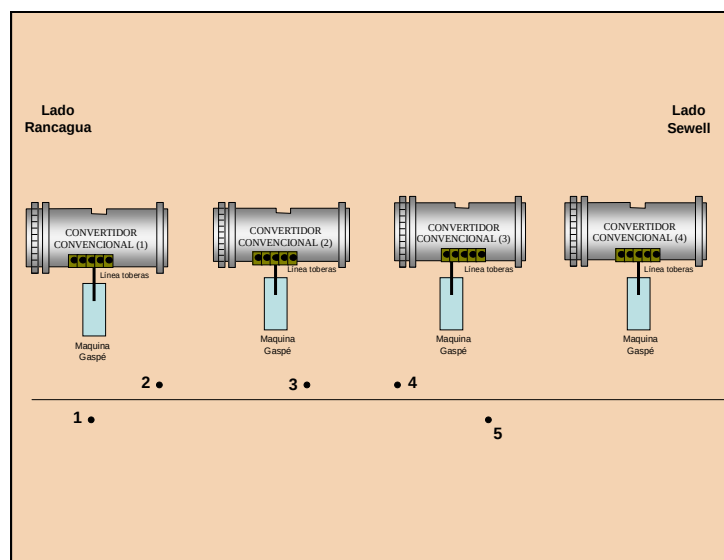


Figura 7.10. “Puntos de Medición Convertidores Pierce Smith

Tabla 7.6. “Evaluación del EPA 3M-1100, con los Máximos Niveles de los CPS”

Punto	1	2	3	4	5
NIOSH					
NPS	106,28	105,64	106,42	108,00	107,38
NPR	72,69	71,93	73,00	74,59	73,79
NPR-NPR	33,59	33,72	33,42	33,41	33,59
OCTAVAS					
NPS	106,28	105,64	106,42	108,00	107,38
NPR	69,79	69,04	70,11	71,71	70,91
NPR-NPR	36,48	36,61	36,32	36,30	36,47
Frecuencia Banda 1/8	NIOSH				
125	37,91	33,11	34,11	34,55	38,25
250	48,09	44,31	47,81	49,81	48,67
500	57,79	56,49	60,09	61,64	59,79
1000	64,84	64,84	66,15	67,99	66,84
2000	69,26	67,93	69,26	70,93	70,34
4000	65,80	65,45	65,80	67,21	66,67
8000	64,17	63,71	63,99	65,17	64,17
Frecuencia Banda 1/8	OCTAVAS				
125	34,71	33,11	30,91	31,35	35,05
250	44,99	44,31	44,71	46,71	45,57
500	54,79	56,49	57,09	58,64	56,79
1000	62,04	64,84	63,35	65,19	64,04
2000	66,36	67,93	66,36	68,03	67,44
4000	63,00	65,45	63,00	64,41	63,87
8000	61,07	63,71	60,89	62,07	61,07

Se puede apreciar que los protectores auditivos 3M-1100 son efectivos en todos los puntos evaluados, los cuales son los de mayor nivel de intensidad dentro de la Nave, no obstante se debe considerar que según la Guía Técnica de Evaluación de los EPA, elaborado por el ISP, si el trabajador utiliza los protectores solo 4 horas dentro de la jornada laboral, la reducción de ruido efectiva del protector es de solo 3 dB.

Por otra parte, estudios de la NIOSH, estima que se debe asumir que los protectores auditivos reducen solo el 50% del Nivel de Reducción de Ruido especificado por el proveedor, ya que en la práctica los protectores son mal utilizados por parte de los trabajadores. Por lo tanto, se puede concluir que, solo el control de ruido es una medida efectiva para evitar eventuales sorderas profesionales en el personal, sobre todo en empresas con niveles de ruido cercanos al límite del nivel de acción. [NIOSH 1998]

7.6. MAPA DE RUIDO

Este mapa representa condiciones críticas y particulares de los procesos en la Fundición, considerando algunas como moldeo de Ánodos y lingotes Raf, quemadores en proceso de reducción y oxidación en los hornos, punzado de toberas en los CT, estado de reducción de HLE, convertidores Pierce Smith funcionando y las inmediaciones de la Nave Fundición sin tránsito vehicular. Para la realización de mapa de ruido, se tomaron 267 puntos de medición. Las mediciones permiten generar una representación gráfica del comportamiento del ruido en la Nave. En este mapa no se considera para la representación de niveles de ruido los efectos de las barreras como paredes o instalaciones.

Las mediciones fueron realizadas con el sonómetro en respuesta lenta, filtro de tercio y ponderación “A”. El mapa fue hecho con el programa AutoCad 2009, sobre un plano de la Nave y en el cual está descrito los puntos donde se realizaron las mediciones.

En el mapa se puede apreciar que los mayores niveles de ruido se encuentran en los sectores de quemadores de los Hornos Anódicos y RAF y pasillo de punzado de los Convertidores Teniente. Los valores de niveles de ruido utilizados para los CPS fueron sin punzado de toberas, ya que éste (punzado) no se realiza en forma constante como en los CT. Sin embargo se debe considerar, que cuando esto ocurre alcanza niveles semejantes a los representados en el pasillo de punzado de los CT.

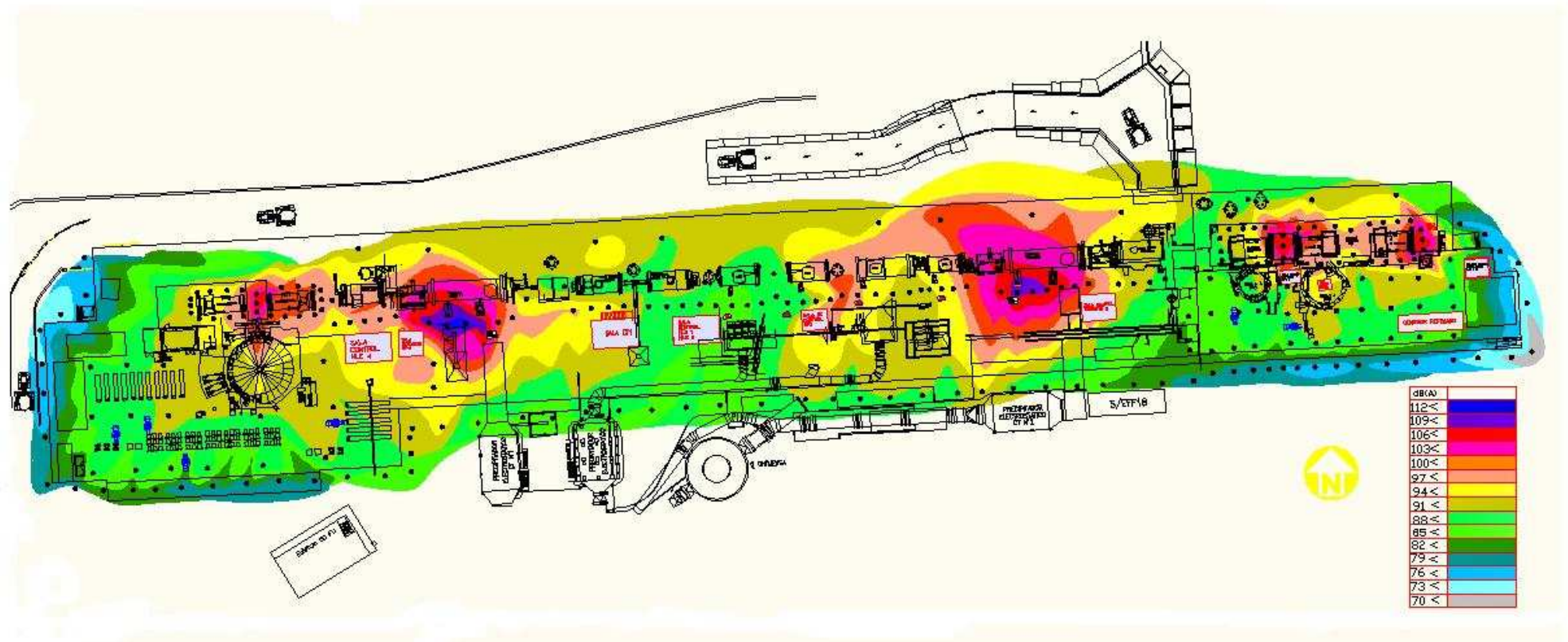


Figura 7.11. “Mapa de Ruido Nave Fundición”

7.7. MEDIDAS DE CONTROL

7.7.1. DOBLE SILENCIADOR EN LÍNEA DE TOBERAS

La tecnología de Convertidor Teniente, con el actual sistema de toberas de inyección de aire enriquecido, se remonta al año 1998; fecha en que se comenzó esta experiencia con un sistema de doble silenciador (mordaza de hierro endurecido), que tiene como función limitar los escapes de aire de las toberas, producto del punzado de la Gaspé. El año 2000 se cambió el espesor del ladrillo refractario, por lo cual se debió modificar la barretilla. Este cambio significó alargar la barretilla, lo que obligó que la tobera tuviese que reducirse quitando uno de los silenciadores. Finalmente los ladrillos (de mayor espesor) no se implementaron definitivamente, dejándolos hasta la actualidad del tamaño original y el doble silenciador no se volvió a implementar.

Con esta medida se propone revisar el sistema de doble silenciador, con el objetivo de evaluar: 1) que el tiempo de deterioro del doble silenciador no supere el de las toberas con silenciador simple; 2) que no interfiera la operación ni los tiempos requeridos para la mantención; 3) que disminuya el ruido producto del punzado de las toberas.

Si esta medida logra resultados positivos, se puede implementar a corto plazo en los Convertidores Teniente y a mediano plazo en los convertidores Pierce Smith.

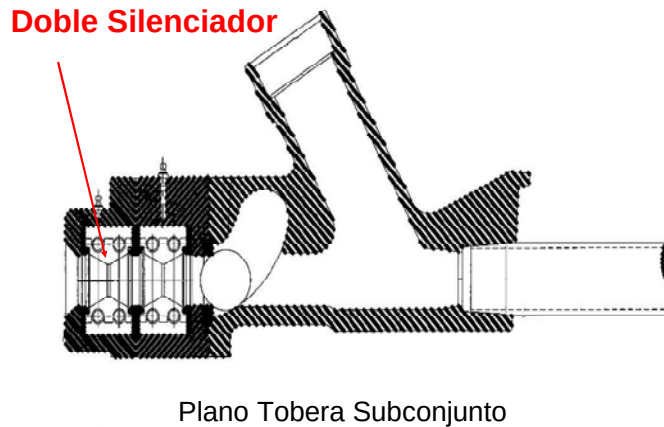


Figura 7.12. “Plano Tobera con Doble Silenciador”

7.7.2. SILENCIADOR PEINETA GASPÉ

Esta medida propone adosar a la peineta (guía de hierro, ubicada en el frente de la punzadora, que encausa el recorrido de la barretilla) de la máquina Gaspé un silenciador, el cual disipe y absorba parte del ruido irradiado por el escape de aire enriquecido en el repaso de toberas. Cabe mencionar que el ruido producido por el punzado tiene la energía concentrada en frecuencias altas, por lo tanto posee un patrón direccional de propagación. Este silenciador está diseñado con planchas de hierro de 6mm y con material absorbente en su interior (no inflamable). Este diseño debe permitir realizar cambios de barretilla en corto tiempo, no interferir el giro del horno y ser de fácil remoción a causa del mantenimiento diario que reciben las Gaspé.

Esta medida tiene proyección a corto plazo en la máquina Gaspé automática, la que no requiere visibilidad para realización del punzado. La Gaspé manual de los CT y la semiautomática de los CPS, requieren pruebas en terreno con los operarios, para evaluar su posible implementación.

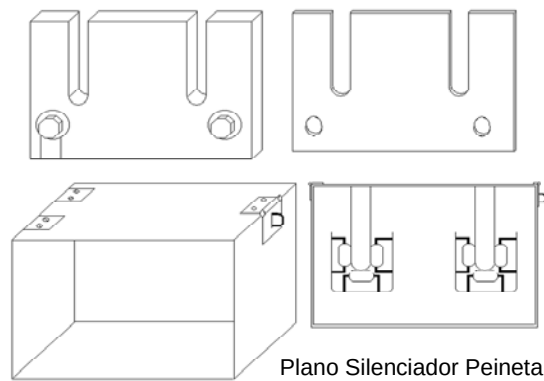


Figura 7.13. “Plano Silenciador Peineta”

7.7.3. BARRERA ACÚSTICA CPS2

Implementación de una barrera acústica; proyecto que fue aprobado por la Gerencia FU. La barrera debe ser evaluada desde el punto de vista acústico y debe considerar los aspectos técnicos de operación y mantenimiento del horno. Esta barrera será precedente para una posterior aplicación en los CPS 1, 3 y 4. También será evaluada la factibilidad de ser aplicadas en los CT, siempre y cuando cumplan con las consideraciones antes mencionadas.

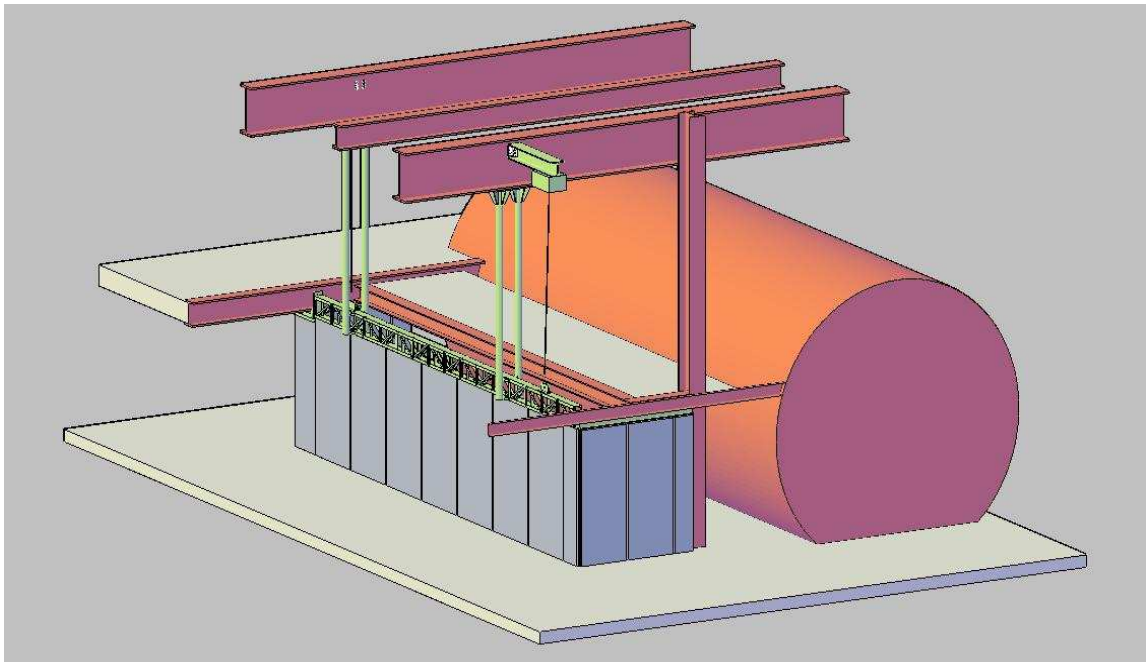


Figura 7.14. “Diseño final Barra Acústica CPA N°2”

7.7.4. CABINAS DE PUNZADO A DISTANCIA

Se propone implementar un nuevo diseño de cabina con un aislamiento acústico apropiado para la protección del operario, considerando un forraje interior con paneles acústicos fonoabsorbente y fonoaislante, doble vidrio en las ventanas, cambio de puertas y marcos por otros con doble contacto.

En el cálculo del aislamiento de la cabina se utilizó el programa computacional INSUL, perteneciente al Instituto de Acústica de la UACH. Los materiales utilizados para la construcción de la cabina fueron:

- Perfil cuadrado 75x2 mm.
- Planchas de acero de 2 mm.

- Plancha diamantada de acero 5 mm.
- Doble ventana (vidrios de 5 mm. c/u y separación de 10 mm.).

A continuación el plano de la cabina a construir:

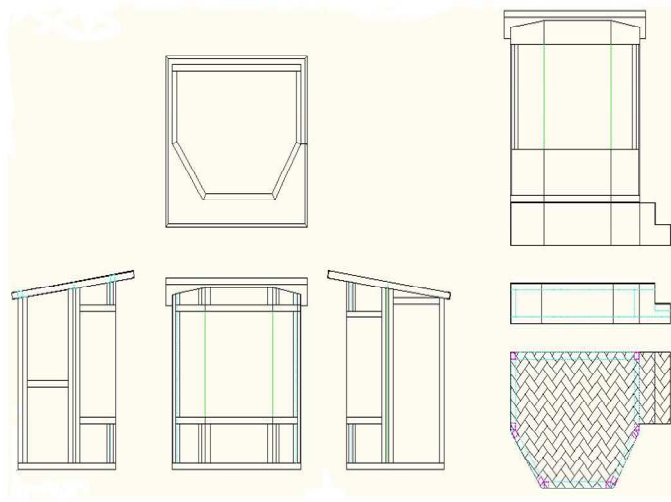


Figura 7.15. “Plano Cabinas de Punzado CPS”

Resultados de los cálculos:

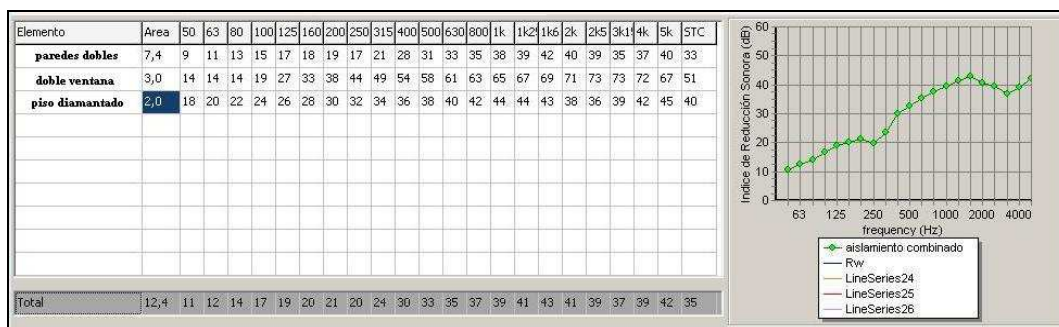


Figura 7.16. “Aislamiento de Materiales Cabina de Punzado”

En base a los cálculos de aislamiento de los materiales y de los niveles fuera de la cabina de punzado, se obtuvo los siguientes resultados (los cálculos no incluyen paneles acústicos):

Tabla 7.1. “Nivel al Interior de la Cabina Propuesta”

Frecuencia (Hz)	punto 12	aislamiento
50,0	49	11
63,0	55	12
80,0	60	14
100,0	62	17
125,0	69	19
160,0	71	20
200,0	73	21
250,0	75	20
315,0	79	24
400,0	82	30
500,0	84	33
630,0	87	35
800,0	89	37
1000,0	92	39
1250,0	95	41
1600,0	97	43
2000,0	97	41
2500,0	99	39
3150,0	99	37
4000,0	97	39
5000,0	95	42
TOTAL	105,74	
NIVEL INTERIOR CABINA	67,95	

7.7.5. MEJORAS DE LOS CONDUCTOS DE AIRE

Se propone realizar un recubrimiento acústico de los conductos cilíndricos de aire que alimentan la armónica, tanto de los CT como CPS, con un velo de fibra de vidrio de 100 mm de espesor y plancha de acero de 1 mm cilindrada y con un técnica de enganche tipo “emballetado”. Se calculó la perdida de inserción producto de este sistema masa-resorte, con los datos del conducto de alimentación de aire del Convertidor Teniente N° 1, a partir de la ecuación (6) del ítem 4.8., obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7.2. “ D_e Conducto de Aire CT1 por Revestimiento Acústico”

Frecuencia (Hz)	Nivel (dB)	De (dB)	f/f_0	Diferencia
25	80,7		0,3	80,7
31,5	80,0		0,4	80,0
40	80,8		0,5	80,8
50	80,0		0,7	80,0
63	79,0		0,8	79,0
80	81,7		1,1	81,7
100	80,0		1,3	80,0
125	78,2		1,7	78,2
160	80,8		2,1	80,8
200	81,0	-9,8	2,6	90,8
250	79,1	-6,3	3,3	85,4
315	80,2	-2,8	4,2	83,0
400	80,4	1,1	5,3	79,3
500	81,5	4,7	6,6	76,8
630	82,2	8,2	8,3	74,0
800	82,5	11,8	10,6	70,7
1000	84,4	15,6	13,2	68,8
1250	87,2	19,1	16,5	68,1
1600	89,4	22,8	21,1	66,6
2000	90,7	26,5	26,4	64,2
2500	91,4	30,1	33,0	61,3
3150	92,0	33,6	41,6	58,4
4000	92,2	37,5	52,8	54,7
5000	91,8	41,0	66,0	50,8
6300	91,2	44,5	83,2	46,7
8000	90,5	48,2	105,7	42,3
10000	89,5	51,9	132,1	37,6
12500	88,1	55,4	165,1	32,7
16000	84,8	59,1	211,3	25,7
20000	79,2	62,9	264,2	16,3
Total	97,8			94,6
Masa lamina (Kg)	7,85			
espesor fibra (mts)	0,10			
diametro conducto (mts)	0,84			
frecuencia de corte (Hz)	67,7			
reducción estimada (dB)	3,2			

7.7.6. IMPLEMENTACIÓN DE FLEXIBLES LISOS

El año 1995 la Unidad FUCO realizó pruebas con flexibles corrugados en los conductos que bajan desde la armónica a las toberas. Esta medida fue rechazada debido a que estos flexibles ocasionaron pérdidas de carga importantes en la presión y flujo de aire requerida en el proceso de oxidación del concentrado de cobre.

Se propone realizar un cambio de materiales en el sistema de conductos de acero que transfieren el aire, desde la armónica a las toberas, a un sistema de flexibles lisos que amortigüen los impactos que recibe el sistema rígido armónica-conductos-toberas, producto de errores en el punzado de la Gaspé. Con esto se pretende eliminar las fugas de aire y disminuir el tiempo de reparación del sistema. La propuesta no debe producir resistencias de carga al flujo de aire-oxígeno y resistir temperatura.

7.7.7. MEJORAS EN LA SALA DE CONTROL Y SALAS DE PAUSA

Las salas de control y pausa de la Nave Convertidores desde su construcción, realizada por motivo de la automatización de los sistemas de control de los procesos, a través de programas computacionales, han sufrido una sola remodelación para mejorar el confort y bajar los peligros ergonómicos de los trabajadores. En aquella ocasión, se hicieron algunas mejoras desde el punto de vista acústico, pero fueron realizadas a partir del sentido común, implementando doble ventanas y mamparas para aumentar el aislamiento que proporcionaba una sola puerta. Sin embargo las mejoras no fueron evaluadas.

Tanto en las salas de descanso como las de pausa, se pudo apreciar que uno de los cambios que no se consideró al momento de decidir la remodelación, fue aumentar el aislamiento de los techos, ya que en su exterior poseen planchas galvanizadas de 1 mm de espesor y en el interior un cielo falso de terciado. En este punto es donde se debe poner mayor énfasis en

las mejoras a implementar, ya que de no aumentar el aislamiento, cualquier medida a adoptar tendrá poca efectividad.

Se propone un acondicionamiento acústico de las salas de descanso, realizando un revestimiento interior de éstas con paneles acústicos disponibles en el mercado y diseñados especialmente para estos fines. Además, se debe considerar la implementación de doble vidrio en aquellas ventanas que no lo tienen y realizar cambios de puertas y marcos por unos de doble contacto con burletes de goma.

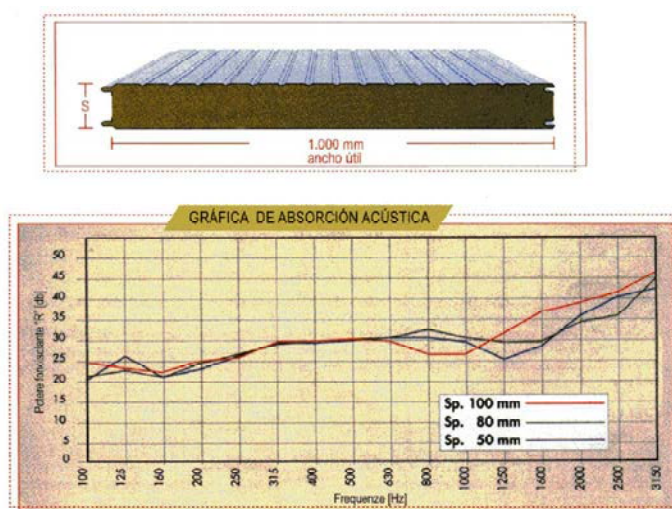


Figura 7.17. "Propuesta de Paneles Acústicos"

7.7.8. MORDAZA TRASLAPADA PARA LOS SILENCIADORES DE LAS TOBERAS

Las mordazas de los silenciadores de las toberas de los CT y CPS cumplen la función de limitar el aire que escapa, producto del proceso de punzado de la maquina Gaspé. Este es un sistema de cuatro piezas, unidas por dos resortes, que forman un cilindro hueco. El espacio interior de la mordaza tiene el diámetro de las barretillas (1" para CPS y 1.25" para CT) y el resorte permite mantener unidas las piezas.



Figura 7.18. "Mordaza CT"

La propuesta consiste en modificar la pieza de tal modo que queden traslapadas, así se limita aun más el escape del gas producto del punzado. Este diseño no deja luz entre cada pieza, reduciendo los escapes a solo el espacio que pudiese quedar entre el contacto de la barretilla y la mordaza.

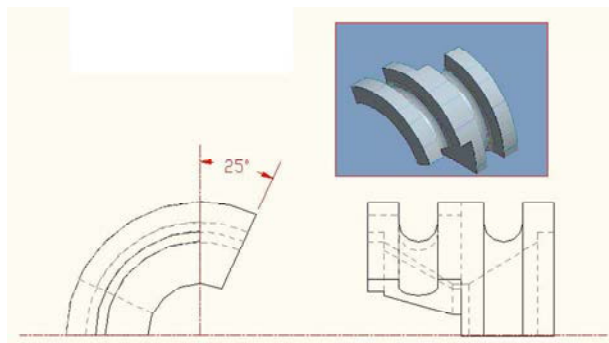


Figura 7.19. "Mordaza Traslapada"

8. RESULTADOS

8.1. DOBLE SILENCIADOR EN LÍNEA DE TOBERAS

Esta medida de control se comenzó a estudiar a partir del mes de septiembre, solicitando información técnica a personal del área de Mantenimiento Planta y analistas y revisando los planos existentes en biblioteca. Posteriormente, a partir de los códigos de las piezas, se logró la compra de dos silenciadores en las bodegas del Campamento Colon.

Las primeras pruebas se realizaron en dos toberas del CT1, a las cuales se implementó doble silenciador. Las pruebas se efectuaron en el mes de octubre, obteniendo los siguientes resultados:

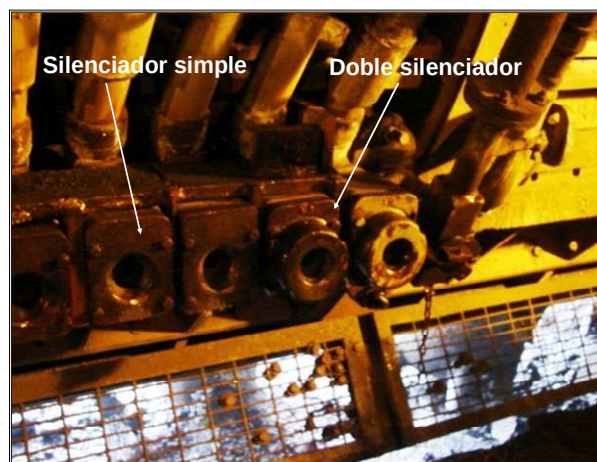


Figura 8.1. “Ubicación Toberas con Doble Silenciador”

Tabla 8.1. “Resultados Prueba Doble Silenciador, Dos Toberas CT1”

Prueba	doble	doble	doble	simple	simple	simple	ruido de fondo
TOT_Lin (dB)	111,6	111,7	111,0	113,1	113,3	115,3	108,9
Promedios (dB)	111,4			113,9			
Reducción (dB)	2,5						

Se puede apreciar que el ruido de fondo en el sector de medición es de 108,9 dB, producto de las fugas en el sistema de conductos que alimentan de aire enriquecido a las toberas, lo que tiene una influencia en el nivel medido con el doble silenciador, es decir, el nivel de ruido generado por las toberas con doble silenciador podría ser un poco menor a los 111 dB medidos.

Estos silenciadores estuvieron a prueba durante un mes y medio, sin encontrar problemas en cuanto a su deterioro respecto a las toberas con silenciador simple y los tiempos requeridos para su mantención. A mediados del mes de octubre se realizó una mantención general del Convertidor Teniente N°1, en la cual se realiza un cambio completo de la línea toberas, ocasión en la cual se implementó una de las 4 puertas, completa con el sistema de doble silenciador (10 toberas). Los resultados de las mediciones, con la puerta completa, son las siguientes:



Figura 8.2. “Ubicación Toberas con Doble Silenciador, Puerta Completa”

Tabla 8.2. “Resultados Prueba Doble Silenciador, Puerta completa CT1”

Prueba	doble	simple	ruido de fondo
TOT_Lin (dB)	103,5	107,1	97,3
Reducción (dB)	3,6		

Los resultados de las pruebas arrojaron una disminución de los niveles, tanto para las mediciones con silenciador simple, doble silenciador y ruido de fondo. Estas diferencias se deben a que el sistema completo (armónica-conductos-toberas) se encontraba nuevo, por lo que el ruido de fondo es considerablemente mas bajo. Hasta el momento de término de esta investigación, aun se encontraba a prueba el banco, pero resulta inminente la implementación definitiva del sistema de doble silenciador a los dos Convertidores Teniente.

8.2. SILENCIADOR PEINETA GASPÉ

La fabricación del silenciador fue solicitado a los talleres de la Unidad Mantenición Planta, en base a materiales disponibles en la Fundición, siendo entregada la pieza a principios del mes de noviembre. Su diseño se realizó tomando en cuenta el espacio existente entre la maquina Gaspé y la línea de toberas en el CT2, para evitar el rompimiento del silenciador o de alguna de las piezas de convertidor. Además, para realizar las pruebas en un corto periodo de tiempo, las dimensiones de la caja fueron de modo que pudiese ser sostenida con los pernos que sujetan la peineta de la maquina Gaspé, lo cual permitió poner y retirar la pieza en 5 minutos aproximadamente.

Las pruebas se realizaron tomando mediciones de aproximadamente 5 minutos, correspondiente al tiempo que le toma a la maquina Gaspé realizar dos recorridos completos, con la caja puesta y sin ella. Los resultados de las mediciones fueron los siguientes:

Tabla 8.3. “Resultados Prueba Silenciador Peineta CT2”

Prueba	c/caja	c/caja	s/caja	s/caja
TOT_Lin (dB)	102,9	102,5	107,4	106,5
Promedios (dB)	102,8		107,5	
Reducción (dB)	4,7			

El las siguientes figuras se puede apreciar el sistema de funcionamiento del Silenciador Peineta:



Figura 8.3. “Silenciador Peineta Sujeta a Maquina Gaspé”



Figura 8.4. “Maquina Gaspé Punzando con Silenciador Peineta”

Esta medida control, hasta el momento de término de esta investigación, aún se encontraba en mejoras de diseño y pruebas con materiales absorbentes en el interior para lograr una mayor disipación del ruido. Para dejar implementado definitivamente el Silenciador Peineta, será necesario realizar algunas modificaciones al Convertidor, ya que existe una plataforma que interfiere el giro del horno. Sin embargo es factible y sencillo reubicar la plataforma en el piso del nivel superior de la Nave, lo que permitiría su implementación definitiva.

8.3. BARRERA ACÚSTICA CPS2

La implementación de la barrera es el objetivo primordial de esta investigación y el motivo principal por el cual la Fundición Caletones solicitó la contratación de un memorista de Ingeniería Acústica. Este trabajo y su autor fueron parte de la contraparte técnica de

Codelco ante la empresa contratista que se adjudicó la ejecución de esta obra. Esto implicó participar durante los 7 meses de reuniones previas al montaje, afinando detalles junto a la Unidades FUCO, Mantenición Eléctrica, Mantenición Nave, Jefe de Seguridad GFUN (administrador del contrato) y la empresa Control Acústico Ltda., que permitieran que esta medida de mitigación pudiese tener proyección en el tiempo, es decir, que no interfiriera la operación y mantenimiento del CPS2. Además, se debió dirigir el montaje de la barrera y la posterior evaluación de su eficiencia en el control de ruido propuesto en la oferta.

En el transcurso de las reuniones mencionadas, se modificó la propuesta inicial, de una barrera de 17 paneles desmontables, a un sistema de panel frontal de 11 mts, el cual por medio de 2 huinches eléctricos sincronizados permiten su elevación 2 mts sobre el nivel de piso y es controlado desde la cabina de punzado de la maquina Gaspé semiautomática. Esta modificación permite reducir el tiempo que requeriría desmontar los 11 paneles frontales que contemplaban la propuesta inicial, al necesario para desmontar solo dos paneles laterales, que por motivo de la distribución estructural del sector no permitieron otra solución que no fuese desmontarlos manualmente.

El montaje de la barrera comenzó a principios del mes de noviembre y duró 10 días aproximadamente. Su construcción se realizó durante una mantención del convertidor. La solución de algunos detalles mecánicos y eléctricos retrazaron la puesta en marcha del proyecto hasta fines de noviembre. Una vez implementada se evaluó la pérdida por inserción de la barrera y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.4. “Pérdida por Inserción de Barrera Acústica CPS2”

Prueba	Barrera Abajo	Barrera Arriba
TOT_Lin (dB)	101,8	107,4
Perdida por inserción (dB)	5,6	



Figura 8.6. “Barrera Acústica CPS2 a Nivel de Piso”



Figura 8.7. “Barrera Acústica CPS2 Suspendida”

8.4. CABINAS DE PUNZADO A DISTANCIA

Esta propuesta, al momento de término de esta investigación, se encontraba en su etapa de construcción en los talleres de la GSYS y será ubicada frente a la línea de toberas del CPS1, ya que la cabina actual es la más deficiente en términos de visibilidad y espacio interior. Este diseño será precedente para futuras cabinas, ya que, aparte del punto de vista acústico, también se ha considerado que responda a la Matriz de Estándares Operacionales de la GRL, para mantener bajo control los peligros ergonómicos. De esta manera, considera dimensiones, disposición del tablero de control y silla giratoria en relación a la estatura media de los trabajadores, además de incorporar aire acondicionado e índice de luminosidad que establece el D.S. 594 del MINSAL.

8.5. MEJORAS DE LOS CONDUCTOS DE AIRE

Esta propuesta fue presentada al Ingeniero Fundición de la Unidad FUCO, quien aprobó la realización de una prueba y evaluación en el conducto que alimenta la armónica del CT1.

Según los cálculos, esta medida permite una reducción estimada de ruido de 3.2 dB en el conducto seleccionado para la prueba, sin embargo, no se descarta utilizar otro material que resulte operativo como el acero, en términos de su implementación y que logre aumentar la pérdida por inserción del sistema.

El conducto seleccionado por la Unidad FUCO para realizar la prueba, se puede apreciar en la siguiente figura:

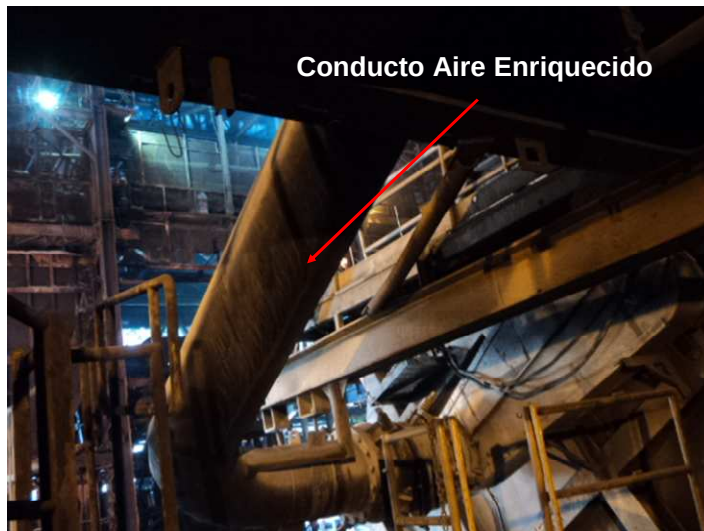


Figura 8.8. “Conducto Aire Enriquecido CT1”

8.6. IMPLEMENTACIÓN DE FLEXIBLES LISOS

Esta propuesta considera realizar pruebas con un flexible liso, el cual se encuentra al momento de término esta investigación, en proceso de fabricación en la empresa HGB, la cual es la proveedora de los flexibles utilizados en la Fundición.

El material utilizado es caucho, el cual tiene la desventaja de ser inflamable, por lo cual la pieza deberá ser recubierta con tres materiales aislantes (tela ignífuga, aislante térmico y una terminación de malla metálica) para asegurar la resistencia al calor irradiado del casco del los Convertidores. La temperatura a la que estará expuesto el flexible se puede apreciar en la siguiente figura:

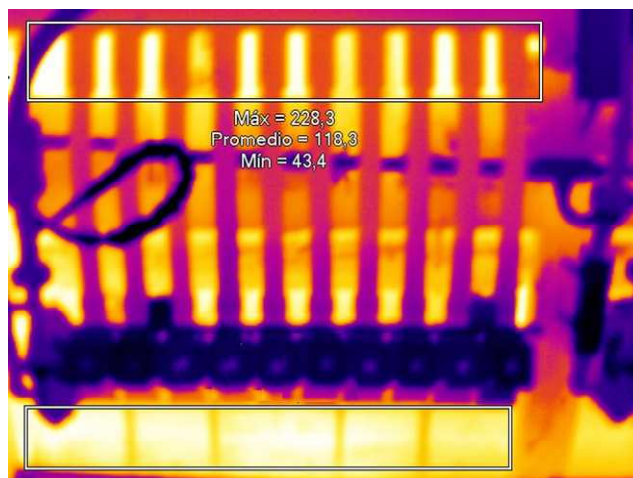


Figura 8.8. “Mapa Térmico Sector Toberas CT1”

El flexible tendrá en la terminación inferior, donde se une a la tobera, un niple para ser atornillado y la terminación superior, donde se une a la armónica, será un flange para permitir una mantención sencilla y rápida. La prueba se realizará en los conductos de un CPS, ya que su detención, en caso de presentarse inconvenientes con la resistencia del material, no significa un costo elevado, como sí sucede en un CT.

8.7. MEJORAS EN LA SALA DE CONTROL Y SALAS DE PAUSA

La propuesta para estas salas, es realizar un revestimiento interior con paneles acústicos fonoabsorbentes y fonoasilantes, importados y distribuidos por la empresa Metecno. Estos paneles, a diferencia de productos similares fabricados en Chile, tienen características aislantes del ruido, ya que productos análogos, cotizados en dos empresas chilenas, tenían solo características absorbentes.

Esta propuesta, será implementada después de evaluar la pérdida de inserción que se logre al revestir la cabina de punzado a distancia, de la maquina Gaspé semiautomática del CPS1 (punto 6.6.4.).

8.8. MORDAZA TRASLAPADA PARA LOS SILENCIADORES DE LAS TOBERAS

Esta propuesta fue aprobada, tanto por la Unidad FUCO como la Unidad Mantenición Nave. El plano de la pieza fue diseñado y modelado en 3D, con el programa computacional Pro Engineer. Posteriormente, su diseño fue entregado al Jefe de la Unidad Mantenición Nave, quien autorizó la elaboración de diez piezas. Al momento de terminar esta investigación, las piezas estaban en proceso de construcción. Se contempla posteriormente aplicar pruebas y evaluar su resistencia a los eventuales impactos que estas reciben producto del punzado de la maquina Gaspé.

9. CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo de la presente investigación se logró conocer en detalle el proceso de fusión, oxidación y reducción de concentrado de cobre en la Unidad FUCO, junto con el régimen de trabajo y las características de la Nave.
2. El estudio realizado en la Unidad Fusión Conversión, permitió conocer las características y grado de contaminación acústica en la que se encuentra. Los resultados arrojan valores que superan la normativa (D.S. 594) en casi el 100% de los puntos medidos.
3. El mapa de ruido permitió identificar las principales fuentes de ruido y los lugares críticos dentro de la Nave FU. siendo éstos, el sector quemadores de los Hornos Anódicos y RAF y el pasillo de punzado de los Convertidores Teniente. Estas fuentes fueron la prioridad dentro de las medidas de control propuestas, lográndose en algunos casos su implementación y evaluación.
4. Se logró el objetivo de implementar una Barrera Acústica en el CPS2, la cual resultó ser eficiente en términos de no interferir la operación y mantención del horno. La pérdida por inserción lograda por ésta fue de 5,6 dB.
5. Una de las propuestas de control de ruido que se implementó y evaluó, fue el Doble Silenciador, donde se logró una reducción promedio de 3,6 dB. Otra medida implementada fue el Silenciador Peineta, donde se logró una reducción promedio de 4,7dB. Desde el punto de vista operacional, es factible la utilización de ambos silenciadores.

6. Con la implementación de la barrera acústica, doble silenciador en toberas y el silenciador peineta en la Gaspé se reducirá el ruido de fondo en pasillo de punzado en Convertidores Tenientes de 107 dB(A) a 97 dB(A).
7. El protector auditivo de espuma expansible 3M 1100, entrega una protección efectiva aplicando el “Método de Bandas de Octavas Normalizado NCH 1331/6”, sin embargo, los antecedentes presentados por la NIOSH indica que a estos protectores hay que restarle un 50% de la efectividad establecida por el proveedor, por lo cual la medida de control más segura y efectiva es la reducción del ruido en la planta.
8. Las fugas de aire son un foco de ruido en toda la Nave Fundición, por lo tanto se debe realizar un programa de mantenimiento periódico de las uniones universales, flanges, uniones americanas y fisuras ocasionadas por el desgaste de materiales y empaquetaduras. Además, hay que tener presente que en los procesos de mantenimiento general de equipos, se debe considerar los levantamientos topográficos para que redes y uniones queden bien alineadas y por ende aumentar la vida útil de las empaquetaduras.
9. Se sugiere considerar la automatización del proceso de punzado de las máquinas Gaspé semiautomáticas de los CPS, sin embargo, esto se debe analizar desde el punto de vista operacional para evitar el atascamiento de la barretilla en la tobera. Realizar esta modificación no reducirá los niveles de presión sonora ambientales, sin embargo, permite mantener al trabajador más tiempo dentro de la sala de control de los CPS.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] AGUILAR, O., Relaciones de Trabajo y Empleo en Chile. Departamento de Estudios, Dirección del Trabajo, ENCLA 2002, Santiago, Chile 2003.

[2] AGUILAR, O., Relaciones de Trabajo y Empleo en Chile. Departamento de Estudios, Dirección del Trabajo, ENCLA 2006, Santiago, Chile 2007.

[3] Beranek, L., Acústica. Cambridge, Massachussets, 1961.

[4] CODELCO Chile (2007), Programa de Vigilancia Médica de Ruido. Gerencia General de Riesgos Profesionales. División El Teniente.

[5] CODELCO Chile (2008), Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Gestión Ambiental. División El Teniente.

[6] CODELCO Chile (2009), Informe de Mediciones Ambientales y Exposición Personal al Ruido. Gerencia General de Riesgos Profesionales. División El Teniente.

[7] CODELCO Chile (2010), Procedimiento para la Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos de Seguridad y Salud ocupacional. Gerencia de Riesgos Laborales. División El Teniente.

[8] CODELCO Chile (2010), Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. Gerencia de Riesgos Laborales. División El Teniente.

[9] Comisión Nacional de Medio Ambiente CONAMA. Resumen Ejecutivo. Ruido. Chile 2010.

- [10] CONTROL ACÚSTICO Ltda. (2005), Informe Plan Piloto Diseño y Especificación de Condiciones de Mejoría de Niveles de Ruido. División El Teniente.
- [11] Corzo, A. (2008), Ruido Industrial y Efectos en la Salud, Extraído el 8 de junio de 2010 de la Word Wide Web: <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>.
- [12] D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES. Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.
- [13] D.S. N° 594/99 del MINSAL. Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
- [14] Falch, E. (1997), *Guía Ambiental: Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera*, Por Encargo del Ministerio de Energía y Minas, Perú.
- [15] GISITS. (2010). Curvas de Nivel. Consultado el 1 de septiembre de 2010 de la Word Wide Web: <http://www.gisits.com/curvasdenivel.html>.
- [16] Guía para la Selección y Control de Protectores Auditivos, Instituto de Salud Pública de Chile ISP, Chile, 2007.
- [17] Martínez, J., Torrecillas, C. (1998). La Triangulación de Delaunay en la Representación Gráfica del Terreno. Consultado el 24 de agosto de 2010 de la Word Wide Web: <http://www.ingegraf.es/congresos/1998-MALAGA/congreso/ponencias/Comunicacion/8.html>.

- [18] Miraya, F. (2000). Curso Estimación del Riesgo Auditivo por Exposición a Ruido Según la Norma ISO 1999:1990. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- [19] Möser, M., J.L. Barros, Ingeniería Acústica, Teoría y Aplicaciones. Springer, Berlín, 2009.
- [20] Müller, G., Möser, M., Taschenbuch der Technischen Akustik. Springer Verlag, Berlín, Alemania, 2003.
- [21] NIOSH (1998), *Occupational Noise Exposure*, Ohio, E.E.U.U.
- [22] ORTA M., J. (2009). Control activo de ruido. Fundamentos y aplicaciones en conductos. Extraído el 13 de junio de 2010 de la Word Wide Web: <http://www.acusticaeninstalaciones.com/ponencias08/05.pdf>.
- [23] Pfretzschner, J., Rodríguez, R., Simón, F., de la Colina, C., Moreno, A. (1999). *Artículo: Protección Acústica de Mamparas: Evaluación e Índices de Protección*. Instituto de Acústica (CSIC). Madrid. España.
- [24] Rendiles, H. (2007). Salud Ocupacional en Venezuela. Efectos del Ruido Industrial. Consultado el 11 de junio de 2010 de la Word Wide Web: <http://rendiles.tripod.com/RUIDO1.html>.
- [25] Suárez, E., Apuntes Curso de Acústica Ambiental ACUS 250, Valdivia, 2004.
- [26] Valenzuela, M.; Albornoz, A. (2006). *Artículo: Estrategia Frente a la Problemática del Ruido Ocupacional*. Santiago, Chile.

11. ANEXOS

Los siguientes anexos se encuentran en el CD adjunto:

ANEXO I: PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. GERENCIA DE RIESGOS LABORALES. DIVISIÓN EL TENIENTE

ANEXO II: PROGRAMA DE VIGILANCIA MÉDICA DE RUIDO. GERENCIA GENERAL DE RIESGOS PROFESIONALES. DIVISIÓN EL TENIENTE

ANEXO III: REGISTRO DE MEDICIONES AMBIENTALES Y PERSONALES. GERENCIA FUNDICIÓN. GERENCIA GENERAL DE RIESGOS PROFESIONALES. DIVISIÓN EL TENIENTE

ANEXO IV: MAPA DE RUIDO NAVE FUNDICIÓN (FORMATO AUTOCAD) - VALORES MEDICIONES EN 1/3 DE OCTAVA

ANEXO V: PLANOS (FORMATO AUTOCAD): CABINA DE PUNZADO - SILENCIADOR PEINETA CT - MORDAZA TOBERA TRASLAPADA - BARRERA ACÚSTICA CPS2