



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

MASTER OFICIAL EN GESTION DE LA PRL, CALIDAD Y MEDIO
AMBIENTE

“EL RUIDO EN LA INDUSTRIA”

VICTORIA ROJO FUERTES

Tutor de Empresa:

De la Fuente Sotillos, Mónica
Empresa

Tutor Académico:

Pérez Rueda, M^a Ángeles
Departamento CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

VALLADOLID, SEPTIEMBRE 2016

RESUMEN

El ruido industrial es un problema al que se enfrentan muchas empresas y que puede llegar a ocasionar graves lesiones en los trabajadores que están expuestos a él. En este proyecto, se analizan los efectos negativos físicos y psíquicos que produce el ruido, los diferentes tipos de protectores que existen y las medidas que de forma general se pueden aplicar para atenuar los niveles de ruido en la industria. Se ha llevado a cabo también una evaluación de ruido en una empresa dedicada a la fundición de aluminio, proponiendo medidas concretas para reducir la exposición en sus instalaciones.

PALABRAS CLAVE

Ruido, protectores auditivos, prevención, enfermedad profesional.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fin de Máster ha sido posible gracias a la ayuda que me han brindado mis dos tutoras. Por un lado, Mónica de la Fuente, mi tutora durante las prácticas de empresa. Gracias por enseñarme cómo es el trabajo y el día a día de un técnico de prevención, ha sido un placer trabajar contigo estos meses. Por otro lado, María de los Ángeles Pérez, mi tutora académica. Gracias por todos los consejos que me has dado y por estar siempre disponible para aclarar mis dudas.

Me gustaría dar las gracias también a los demás alumnos del Máster, habéis sido muy buenos compañeros. Ha sido un gusto enorme conocerlos y compartir con vosotros este año de nuevos aprendizajes.

Gracias a todos los compañeros de trabajo por acogerme como una más, desde mi primer día de prácticas.

Por último, agradecer a mi familia su cariño, apoyo y paciencia constantes.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- a. La Prevención de Riesgos Laborales
- b. Estudio a realizar
- c. Empresa

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

- a. Motivo del trabajo
- b. Objetivos generales
- c. Objetivos específicos

3. EFECTOS DEL RUIDO

4. PROTECTORES AUDITIVOS

5. MEDIOS UTILIZADOS

6. METODOLOGÍA

- a. Actividad de la empresa
- b. Puestos de trabajo
- c. Estrategia de medición

7. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS

- a. Mediciones con el dosímetro
- b. Mediciones con el sonómetro
- c. Análisis de los resultados
- d. Atenuación de los protectores auditivos

8. MEDIDAS PARA ATENUAR EL RUIDO

9. ESTUDIO VIABILIDAD

10. CAMPAÑA PARA EL USO DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

11. CONCLUSIONES

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

13. ANEXOS

Anexo I: Plano de la fábrica

Anexo II: Carteles de la campaña para el uso de equipos de protección individual

Anexo III: Carteles de la campaña de prevención de fugas

1. INTRODUCCIÓN

a. La Prevención de Riesgos Laborales

La prevención de riesgos laborales ha ido cobrando cada vez más importancia en las empresas españolas, no sólo por la necesidad de cumplir la legislación vigente al respecto, sino también porque ha ido aumentando la preocupación de los empresarios por la salud y el confort de los trabajadores.

Se podría decir que todo comienza con la firma del tratado de Versalles, en 1919, cuando se crea la llamada OIT (Organización Internacional del Trabajo). La OIT, que surgió gracias a la colaboración entre representantes de diferentes países, buscó acabar con la situación de miseria y privación que sufrían muchos trabajadores tras la Primera Guerra Mundial, promoviendo la eliminación de las desigualdades en las condiciones de trabajo y la creación de un ambiente de paz. Uno de los aspectos en los que se hizo hincapié fue en la protección del trabajador frente a los riesgos de sufrir un accidente de trabajo o de padecer una enfermedad por consecuencia del mismo.

En este mismo sentido, dentro del ámbito del Derecho Social Europeo, se han venido creando diferentes programas de acción en seguridad e higiene; pero no es hasta el año 1989, cuando se crea la Directiva 89/391/CEE, conocida como la Directiva Marco, que da comienzo la actual forma de gestión de la prevención de riesgos laborales. Dicha Directiva, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales. En España, con la entrada en vigor de esta ley, se publicaron gran cantidad de reales decretos que ahondaban y desarrollaban en profundidad los diferentes temas que esta ley abarca. Entre ellos se encuentra el [Real Decreto 1150/2015](#) por el que se establece el cuadro de enfermedades profesionales y los criterios para su notificación y registro.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (en adelante INSHT) define la enfermedad profesional como: *“Aquel deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador, producido por una exposición crónica a situaciones adversas, sean estas producidas por el ambiente en que se desarrolla el trabajo o por la forma en que este está organizado”*. En el cuadro de enfermedades profesionales, dentro del grupo 2 (“Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos”), se encuentra la “Hipoacusia o sordera provocada por el ruido”.

La higiene industrial, una de las cuatro especialidades de la prevención de riesgos laborales, es la disciplina que estudia y previene las enfermedades profesionales, mediante el control de las condiciones del medio de trabajo (agentes físicos, químicos y biológicos). En cambio, y como se detallará más adelante, el ruido no solamente provoca una enfermedad, sino que además presenta otros efectos negativos para los trabajadores expuestos a altos niveles.

Todo empresario, según el Art. 15 y el Art.16 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, está obligado a evaluar todos aquellos riesgos que no se hayan podido evitar y establecer medidas preventivas para reducirlos o controlarlos. Por lo tanto, es una obligación tipificar, mediante su evaluación, el riesgo por exposición a ruido. En el RD 286/2006, de 10 de marzo, se detallan las disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, sobre todo los riesgos relacionados con la capacidad auditiva de los trabajadores.

b. Estudio a realizar

El estudio que se ha llevado a cabo, consiste en la realización de una serie de medidas de los niveles de ruido que hay en la empresa de cara a conocer, de forma general, la exposición de sus trabajadores y ver cuáles son las principales fuentes emisoras. Además, tras este primer estudio, se propondrán una serie de medidas para disminuir dichos niveles y se elaborará una campaña de sensibilización de los trabajadores sobre la importancia del uso de los equipos de protección individual.

El estudio se ha realizado exclusivamente en las naves de fabricación, quedando excluidas las oficinas de la empresa.

Tutor de la Empresa:

Mónica de la Fuente Sotillos, responsable de Seguridad y Salud de la empresa

Tutor de la UVA:

La tutora académica es María de los Ángeles Pérez Rueda, profesora titular de la Escuela de Ingenieros industriales y subdirectora de prácticas en empresa.

c. La empresa

La empresa, donde se va a desarrollar este trabajo, se encuentra ubicada en Valladolid (en Polígono de San Cristóbal). Dicha empresa se dedica a la fundición de aluminio y fabricación de piezas moldeadas por inyección. La planta consta de 7600 m², de los cuales, 5625m² son de las naves de fábrica, donde se ubican 8 máquinas de inyección, con las que se fabrican las piezas diseñadas por el cliente. Los otros 600 m² están ocupados por el laboratorio de calidad y las oficinas. Actualmente trabajan en la empresa unas 120 personas, de lunes a viernes (a no ser que la demanda requiera trabajar los fines de semana), y en tres turnos, mañana-tarde-noche.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

a. Motivo del trabajo

Actualmente, en las naves de fabricación de la empresa de fundición, es obligatorio el uso de tapones u orejeras para toda persona que acceda a las instalaciones (tanto personal de la empresa, subcontratas y visitas) debido a que los niveles de ruido superan los límites establecidos en la legislación. Por lo tanto, hay una necesidad de análisis del problema, para localizar las principales fuentes generadoras de ruido y proponer medidas correctivas que lo atenúen. De esta manera se evalúan las diferentes posibilidades que existen para corregir el problema en origen, estableciendo protecciones colectivas, las cuales deben ser prioritarias al uso de Equipos de Protección Individual (EPIS).

b. Objetivos generales

- Realizar un estudio de los niveles de ruido que hay en las naves de fabricación en la empresa.
- Obtener una visión global del riesgo por exposición al ruido y cuáles son sus efectos sobre los trabajadores
- Investigar qué formas existen para poder atenuar los niveles de ruido.
- Dar a conocer qué tipos de protectores auditivos existen y cómo deben usarse.

c. Objetivos específicos

- Determinar cuáles son las principales fuentes de ruido en la fábrica.
- Aportar datos sobre la exposición de los trabajadores al ruido.
- Proponer una serie de medidas correctoras que permitan la atenuación de los niveles de ruido presentes en las naves de fabricación de la empresa.
- Concienciar a los trabajadores sobre el uso de protectores auditivos.

3. EFECTOS DEL RUIDO

La exposición a un ambiente ruidoso puede repercutir de manera negativa en la salud de los trabajadores, dando lugar a alteraciones auditivas y a otros efectos de tipo fisiológico y psicológico. Estos cambios o alteraciones dependen por un lado, de las características del ruido (tipo, intensidad y duración de la exposición), y por otro de las características de cada trabajador (edad, sexo, sensibilidad y hábitos y costumbres fuera del trabajo) y de las demandas de la tarea que se vaya a realizar (que requiera un alto nivel de precisión, atención...)

Las alteraciones que se producen en las funciones auditivas pueden ser puntuales o permanentes.

Las alteraciones puntuales son reversibles, y encontramos por ejemplo la **fatiga auditiva**, que es un descenso de la capacidad auditiva durante un periodo de tiempo. Esta fatiga aparece cuando alguien está expuesto a ambientes muy ruidosos de forma esporádica, y desaparece cuando se detiene la exposición y hay un descanso sonoro.

Las alteraciones permanentes, por el contrario, son daños irreversibles en el oído. La **hipoacusia neurosensorial** es una enfermedad, como antes se ha mencionado, registrada en el cuadro de enfermedades profesionales, que se produce por alteraciones en las estructuras del oído interno. En esta zona del oído se encuentran la cóclea o caracol, donde están las estructuras sensoriales, y el nervio auditivo, que presenta unas fibras encargadas de transformar las ondas sonoras en señales eléctricas, y enviarlas al cerebro para la interpretación de esa información.



Cuando dichas estructuras se dañan, por la exposición prolongada a altos niveles de ruido, es cuando se produce la hipoacusia de tipo neurosensorial o sordera. Además de la pérdida permanente de la capacidad auditiva, se pueden producir mareos, sensación de pérdida de equilibrio y acufenos, es decir escucha constante de un zumbido que no proviene de ninguna fuente externa.

Figura 1: Esquema del oído

Entre los efectos de tipo “extra-auditivos”, encontramos alteraciones psicológicas, como pueden ser:

- Malestar o sensación de desagrado: trabajar en un ambiente muy ruidoso hace que el trabajo sea más pesado y se realice con una mayor desgana y menor interés.
- Reducción de la capacidad de concentración, lo que facilita que se produzcan accidentes.
- En función de la sensibilidad de cada trabajador, el ruido puede producir un aumento del estrés, la ansiedad y de la agresividad e irritabilidad; es decir, alteraciones del comportamiento que derivan en un mal ambiente de trabajo.
- La exposición al ruido provoca además trastornos en el sueño, que hacen que no se descanse correctamente y que se rinda menos en el trabajo.

Todas estas repercusiones que tiene el ruido en el estado psicológico de los trabajadores, pueden manifestarse también en ciertos síntomas fisiológicos, entre los que se encuentran: aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea, y alteración de los movimientos respiratorios.

Aparte de estos efectos negativos, el convivir y trabajar en un ambiente con altos niveles de ruido hace que la comunicación verbal se dificulte considerablemente, lo que implica que se puedan producir equivocaciones o malentendidos que den lugar a accidentes (por ejemplo, guiando las maniobras de una carretilla). Además, al no oírse bien, es habitual que se fuerce la voz para hacerse entender, lo que puede producir disfonías o afonías, es decir, daños en las cuerdas vocales. Cabe destacar también, que en este tipo de ambientes de trabajo la escucha de alarmas de emergencia se entorpece, con las graves consecuencias que eso puede suponer, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de diseñar dichas alarmas y señalizaciones.

En el Art. 26 de la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales se contempla la protección de la maternidad (durante el embarazo y el periodo de lactancia), incluyendo tanto la salud de la trabajadora embarazada como del feto. En este sentido es importante considerar los efectos que tiene sobre una trabajadora embarazada la exposición al ruido. Aunque la trabajadora esté protegida por los equipos de protección individual, el feto queda expuesto, ya que el sonido se transmite bien en el útero. Los efectos que pueden producirse son: retardo en el crecimiento intrauterino (bajo peso del feto), favorecimiento de un parto prematuro, pequeña pérdida de audición o daño coclear en el feto.

En caso de que hubiera una trabajadora en estado de gestación expuesta a ruido, habría que cambiarle de puesto de trabajo o suspender el contrato por riesgo durante el embarazo.

Como vemos, el ruido presenta diversos efectos negativos en los trabajadores que están expuestos a él durante su jornada laboral. Esto hace que sea muy importante la medición y evaluación del riesgo, para evitar, en la medida de lo posible, que se produzcan daños en la salud de los trabajadores y se vea afectada la producción y el funcionamiento normal de la empresa.

4. PROTECTORES AUDITIVOS

En materia de prevención de riesgos laborales, el primer paso a dar es eliminar todos los riesgos clasificados como evitables, y después, evaluar y tipificar los demás riesgos que no se hayan podido evitar. A continuación, se establecen medidas preventivas, normas y procedimientos, y se instalan protecciones colectivas, de tal manera que se disminuyan al máximo los riesgos existentes en el puesto de trabajo, y que no se han podido eliminar previamente. Cuando, incluso con todas las medidas pertinentes aplicadas sigue existiendo un alto nivel de riesgo para el trabajador, se les debe proporcionar, de acuerdo con el Art. 17 la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, equipos de protección individual adecuados a las tareas a realizar. Es importante priorizar la protección colectiva frente a la individual, ya que es una solución más efectiva.

Los Equipos de Protección Individual se definen en el Art. 4 de la Ley 31/1995, de prevención de riesgos laborales como *“cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”*.

A la hora de elegir un EPI u otro hay que evaluar contra qué riesgo queremos proteger al trabajador y qué nivel de protección es el necesario, para así escoger el equipo más adecuado a cada caso. Además hay que tener en cuenta si hay trabajadores especialmente sensibles o con alergia a algún material.

Los Equipos de protección individual deben interferir lo menos posible en la correcta realización del trabajo y no generar ningún otro riesgo a mayores. Se elegirán los equipos de manera que sean lo más cómodos posible (dentro de lo que cabe) para los trabajadores, ya que van a pasar mucho tiempo usándolos y si les resultan molestos, terminarán por no llevarlos.

En RD 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se establecen los siguientes niveles:

Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq, d} = 87 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$$

Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq, d} = 85 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$$

Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq, d} = 80 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$$

El valor límite de exposición no debe superarse en ninguna jornada laboral; para comparar este valor se tiene en cuenta la exposición real del trabajador, es decir, teniendo en cuenta la atenuación que producen los protectores auditivos.

En caso de que se superen los valores superiores de exposición es obligatorio el uso de equipos de protección individual, que para este tipo de riesgo serían protectores auditivos. Existen diferentes tipos de protectores auditivos que se dividen en dos grupos:

1. Protectores pasivos:

Estos protectores presentan una única respuesta acústica, que variará en función de los materiales usados en su fabricación. Hay varios tipos de protectores pasivos:

- Orejeras

Las orejeras son dos cascos almohadillados con espuma, unidos entre sí por un arco de plástico que cubren por completo las orejas. Están fabricados con un material absorbente

- Orejeras acopladas al casco

Son unas orejeras normales, sólo que se encuentran unidas a un casco de seguridad para que sea más cómodo y sencillo en caso de que haya que usar ambos equipos de protección a la vez. Al estar unidas al casco, se evita que se muevan o desajusten.

- Tapones

Los tapones son unos protectores que bloquean la entrada al oído (ya que se introducen en el canal auditivo), para atenuar la llegada del sonido. Normalmente son desechables y se tiran después de su uso, aunque los hay reutilizables (se pueden lavar con agua y jabón). Pueden variar en la forma que presentan y ser moldeables por el usuario o que vengan ya moldeados. Existen tapones de diversos materiales, como son vinilo, silicona, algodón y cera, lana de vidrio hilada...

- Cascos anti-ruido

Son cascos que, aparte de recubrir toda la cabeza, cubren también los oídos, impidiendo que se reciban las ondas sonoras.

2. Protectores activos:

Los protectores activos, a diferencia de los pasivos, cuentan con algún mecanismo (sistema electrónico) que hace que el nivel de protección se regule y varíe en función del ruido recibido, es decir, presentan varias respuestas acústicas. Dentro de este grupo, encontramos:

- Protectores dependientes de nivel:

La atenuación que producen estos protectores varía igual que varía el nivel de ruido al que está expuesto el trabajador, es decir, si aumenta el ruido ambiente, se aumenta la atenuación y viceversa.

- Protectores para la reducción activa del ruido:

Presentan una atenuación extra para ruidos de bajas frecuencias.

- Orejeras de comunicación, con entrada eléctrica de audio:

Este tipo de protectores auditivos están pensados para que se puedan recibir alarmas o mensajes.

Actualmente, en la empresa de fundición, se usan los siguientes equipos de protección auditiva:

- Tapones desechables

Estos tapones son moldeables por el usuario, que debe asegurar su correcta colocación en el oído. Están fabricados en espuma de poliuretano y son de un solo uso.

- Tapones reutilizables con caja

Estos tapones vienen ya moldeados, y simplemente hay que insertarlos en el canal auditivo. Es importante colocarlos bien para que sean efectivos y atenúen al máximo los niveles de ruido. Son reutilizables y se pueden lavar con agua y jabón cuidando de que se sequen completamente antes de volver a usarlos.

- Orejeras

Orejeras, versión diadema con una banda de acero inoxidable y una carcasa de ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno). La almohadilla es de poliéster y glicerina y está protegida por PVC.

5. MEDIOS UTILIZADOS

a. Medios materiales

Para llevar a cabo las mediciones se ha optado por usar un sonómetro y un dosímetro personal, para que entre las dos medidas, se puedan compensar los errores que produce cada aparato. Normalmente, las medidas con dosímetros personales sobrevaloran la exposición, mientras que los sonómetros la infravaloran.

Los equipos usados para realizar las mediciones han sido cedidos *ex profeso* por el departamento de física aplicada de la Universidad de Valladolid para la realización de este trabajo. Los equipos de medida son los que se detallan a continuación:

- Dosímetro Modelo 4442, de Brüel&Kjær:
Este dosímetro de ruido es, al mismo tiempo un sonómetro de tipo 2.
- Sonómetro Modelo 2236, de Brüel&Kjær:



Figura 2: Dosímetro 4442



Figura 3: Sonómetro 2236

b. Medios humanos

Para la realización de este trabajo final de Máster he contado con la ayuda tanto de mi tutora académica, María de los Ángeles Pérez Rueda, como de mi tutora de empresa, Mónica de la Fuente.

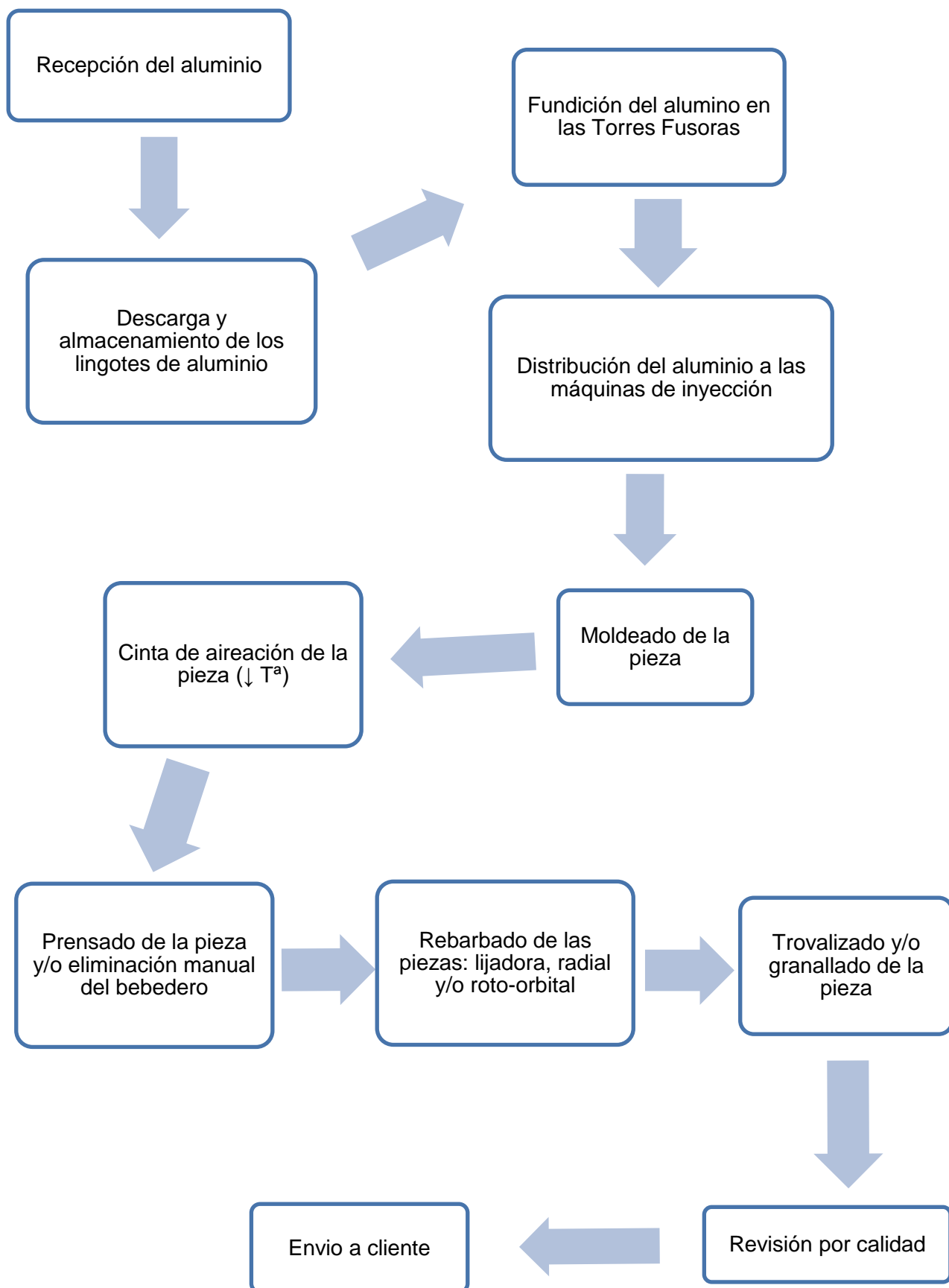
A la hora de realizar las mediciones en las naves de la fábrica, se ha contado con la colaboración de varios trabajadores de la empresa. Al exponerles el trabajo que se iba a realizar, no pusieron ninguna objeción y se ofrecieron a llevar puestos los dosímetros mientras realizaban sus correspondientes tareas.

6. METODOLOGÍA

a. Actividad de la empresa

Como se ha mencionado en la introducción, el estudio se ha llevado a cabo en una fundición, donde se fabrican piezas de aluminio. A continuación, se muestra mediante un diagrama de flujo, cómo es el proceso productivo y las diferentes etapas que lo conforman. Hay que tener en cuenta, que este es el proceso general y común para todas las piezas que se fabrican. No obstante, este proceso sufre ligeras modificaciones en función del tipo de pieza, el uso posterior que se le vaya a dar, de las exigencias de cliente, etc.

La fábrica cuenta con 8 máquinas de inyección, y se suele trabajar (en una jornada de trabajo normal) con 5 máquinas funcionando a la vez. Por cada máquina que está fundiendo se necesitan tener operativas para realizar el rebarbado de la pieza, una o dos lijadoras de banda, por lo que tendríamos, aproximadamente un total de 9 o 10 lijadoras trabajando a la vez durante la jornada. Para este rebarbado de la pieza se usan, además de la lijadora de banda, herramientas manuales neumáticas: radiales y roto-orbitales. El usar una u otra, y el tiempo de uso de cada una de ellas, dependerá de la pieza. Junto con la rebarba de la pieza, se puede necesitar un proceso de mecanizado. Este se puede realizar con un centro de mecanizado, o bien llevando a cabo un mecanizado auxiliar (en el puesto de rebarba) mediante un pantógrafo, o un taladro de columna. Tras el proceso de rebarbado y mecanizado de las piezas, y para terminar de dar el acabado deseado a las mismas, se pueden pasar estas por las cubas de trovalizado. Estas son unas cubas vibratorias donde se introducen las piezas durante un tiempo determinado. Aquí las piezas de aluminio se limpian y se golpean gracias al movimiento vibratorio de las cubas, con unas piedras de sílice. De esta manera la superficie y los cantos de la pieza se pulen mediante abrasión. De forma mucho más ocasional, se puede dar un proceso de granallado, mediante el cual se bombardean las piezas con granalla, pequeñas bolitas metálicas, que igualmente, lo que hacen es pulir la superficie de la pieza. Finalmente, se realiza un control de calidad previo al embalaje de las piezas y su envío a cliente. Existen también controles de calidad incluidos en el proceso productivo, para que los posibles defectos de pieza se detecten cuanto antes en la cadena de producción y se solucionen lo más rápidamente posible. A continuación se representa un diagrama de flujo del proceso productivo en líneas generales.



b. Puestos de trabajo

En las naves de fabricación de la empresa de fundición se definen diferentes puestos de trabajo, cuyas tareas se detallarán a continuación:

- Rebarbador:

El rebarbador se encarga de retirar de las piezas, todo el material sobrante y que sobresale de las mismas, la rebaba. Para eso lija las piezas con una lijadora de banda y usando también, herramientas manuales, una radial y una roto-orbital.

- Mecanizador:

Estos trabajadores introducen y colocan las piezas sobre un útil dentro de un centro de control numérico en el cual, mediante un programa diseñado específicamente para cada pieza, se mecanizan las piezas según el diseño y la posterior función de las mismas. Tras acabar el mecanizado de la pieza, se retiran y se soplan para retirar la viruta generada.

- Personal de mantenimiento:

El personal de mantenimiento tanto mecánico como eléctrico, realiza reparaciones de diversa índole por toda la fábrica. En la zona de mantenimiento propiamente dicha encontramos máquinas tales como taladros, torno, fresadora...

- Trovalizado:

El personal que trabaja en la zona de trovalizado, deposita las piezas en las cubas vibratorias sobre las piedras abrasivas, para su limpieza y acabado. Una vez finalizado en ciclo, las piezas se retiran y se depositan sobre una cinta transportadora, que las lleva hasta una zona de embalaje.

- Hornero:

El hornero se encarga de suministrar el aluminio a las máquinas de inyección. Este trabajador, por medio de una carretilla, distribuye el aluminio desde las torres fusoras, los hornos donde se funden los lingotes de aluminio, hasta los hornos de mantenimiento de que disponen todas las inyectoras. En estos hornos se mantiene la temperatura del aluminio hasta que es inyectado en los moldes.

- Personal de calidad:

Lleva a cabo controles de calidad de las piezas para darles paso antes de que sean enviadas al cliente. Además realiza controles *in situ* en los diferentes puntos del proceso.

Las zonas (que más o menos coinciden con los diferentes puestos de trabajo) en las que se ha dividido la fábrica de cara a realizar las mediciones de ruido son las siguientes (Ver anexo 1: Plano de la fábrica)

Áreas de rebarbado^{1, 2}: Aunque realmente hay tres zonas de la fábrica donde se encuentran puestos de rebarbado, se han diferenciado solamente dos, donde hay concentrado un mayor número de bancos de rebarbado

Trovalizado³

Zona de mecanizado⁴

Hornor⁵

Calidad⁶

Máquinas de fundición⁷: Todas las máquinas de fundición se encuentran en la misma nave.

Communication room⁸: Es un área a la entrada de la nave central, dedicada (como se explicará más adelante), a la comunicación de datos de productividad, información sobre seguridad, etc.

No se han realizado mediciones en la zona de expediciones ya que no hay máquinas, sólo circulación de carretillas; pero que también circulan por el resto de la fábrica. De la misma manera no se ha medido en la zona de mantenimiento, dado que el personal de esta área trabaja por toda la fábrica.

c. Estrategia de medición

Para la realización de las mediciones de ruido se han seguido, dentro de lo posible, las especificaciones y recomendaciones de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido del INSHT (Apéndice 5: Mediciones del nivel de ruido).

El trabajo que se realiza en fábrica, aunque lógicamente varía de un puesto de trabajo a otro (como se ha visto anteriormente), siempre sigue un patrón de trabajo completamente definido. Cada ciclo de trabajo se compone de pocas tareas u operaciones, que están delimitadas y detalladas en la pauta de trabajo. La pauta de trabajo es un documento que existe para cada una de las diferentes piezas que se fabrican. Se encuentra a disposición de todos los trabajadores y deben consultarlo siempre antes de empezar a trabajar. Teniendo en cuenta estas características del trabajo, el tipo de estrategia de medición elegida es aquella en la que se hacen mediciones basadas en la operación.

Considerando que el ruido es más o menos cíclico, dado que se realizan las mismas operaciones de forma repetida, y según la estrategia de medición, se hacen

mediciones con una duración mínima de cinco minutos, y se cubren siempre un número entero de ciclos de trabajo, es decir ciclos completos. Además, siempre que es posible, se repite la medición tres veces (si bien no siempre consecutivas, sí en el mismo lugar y con las mismas condiciones).

7. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS

a. Mediciones realizadas con el dosímetro

El dosímetro ofrece cuatro configuraciones distintas para realizar las mediciones. En este caso se ha usado la configuración ISO85 que trabaja con los siguientes parámetros: rango de medida (de 70 a 140 dB), ponderación temporal “fast” (que se corresponde con un tiempo de integración de 250 ms), factor de acumulación $Q(n) = 3$, ponderación en frecuencia A, valor umbral inferior $Thr1 = 75\text{dB}$ y el nivel criterio de 85dB. Los parámetros medidos con el dosímetro son:

DUR: es la duración de la medida en minutos

DOSE: Dosis de ruido acumulada. Se expresa como un porcentaje de la dosis diaria máxima permitida en la legislación.

Proji. Dosis extendida a 8h

Pa^2h : Exposición sonora. Energía acústica que hay en un punto durante un periodo de tiempo.

L_{eq} Nivel equivalente durante la medida

$L_{\text{ep,d}}$ Nivel diario de exposición al ruido

Máx. Nivel máximo de presión sonora

L_{peak} Nivel de pico máximo, es decir el nivel más alto que se ha alcanzado durante la medición.

En España no está establecido en 3 (es decir si el nivel de exposición personal diario aumenta en 3 dB el tiempo de exposición se reduce a la mitad), por lo que el factor de acumulación Q es: $Q = \frac{n}{\log 2} = 10$

Además, la legislación establece que el nivel criterio es de 87dB. Por esta razón hay que volver a calcular la dosis de ruido a partir de la que nos facilita el dosímetro, para convertirlo a la legislación española. Para ello hay que aplicar la siguiente fórmula:

$$D = \frac{100}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{(L_A(t) - L_C)}{Q}} dt$$

T_0 (tiempo de exposición) = 8 horas

L_A (nivel de presión sonora) = L_{eq} (el correspondiente en cada medición)

L_C (nivel criterio) = 87 dB

Q (factor de acumulación) = 10

Operando, quedaría la expresión de la siguiente manera:

$$D = \frac{100}{8} 10^{\frac{L_{eq} - 87}{10}} 8$$

Los resultados de las mediciones realizadas se muestran en la tabla 1, que se adjunta a continuación. En esa tabla se ha añadido la dosis ya convertida a los parámetros de la legislación española.

TABLA 1: Mediciones realizadas con el dosímetro

Lugar	Fecha	Hora	DUR	DOSE	DOSE (Crit. 87)	Proji	Pa ² h	Leq	Leq,d	Máx	Lpeak
Zona 8	14/07	11:44	5	0.5	28.18	44.8	0.00	81.5	61.7	86.9	110.4
	25/07	9:02	17	4.6	81.2	128.8	0.05	86.1	71.6	102.0	113.4
	26/07	9:04	22	5.4	74.13	118.3	0.05	85.7	72.3	107.4	117.7
Zona 7	14/07	12:38	6	12.7	645.56	1016.5	0.13	95.1	76.0	110.8	126.4
	14/07	12:47	6	17.2	870.96	1376.1	0.17	96.4	77.4	111.0	127.2
	14/07	12:54	7	13.1	562.34	899.2	0.13	94.5	76.2	110.8	127.4
Zona 3	25/07	8:40	8	88.1	3311.31	5283.6	0.89	102.2	84.4	124.3	141.0
	27/07	12:36	5	42.5	4265.79	679301	0.43	103.3	81.3	121.1	137.8
	27/07	12:45	5	45.8	4677.35	7322.9	0.46	103.7	81.6	122.6	138.4
Zona 2	27/07	12:52	5	59.1	4466.83	7093.2	0.60	103.5	82.7	122.0	140.6
	25/07	9:34	6	154.5	7762.47	12360.0	1.56	105.9	86.9	116.7	135.3
	27/07	12:56	5	37.2	2238.72	3573.6	0.38	100.5	80.7	112.6	132.9
Zona 1	27/07	13:02	6	40.8	2089.29	3267.3	0.41	100.2	71.1	113.1	132.3
	27/07	13:09	6	41.7	2137.96	3336.7	0.42	100.3	81.2	112.8	133.2
	25/07	13:31	9	100.6	3388.44	5364.9	1.02	102.3	85.0	114.1	143.8
Zona 4	25/07	13:41	10	103.1	3090.29	4950.4	1.04	101.9	85.1	114.3	143.2
	25/07	13:52	9	52.8	1778.27	2816.3	0.53	99.5	82.2	110.4	127.3
	26/07	9:40	6	23.5	1174.89	1877.9	0.24	97.7	78.7	117.5	127.1
	26/07	9:47	4	22.6	1698.24	2715.6	0.23	99.3	78.5	117.7	123.5

b. Mediciones realizadas con el sonómetro

La configuración usada para medir con el sonómetro es la siguiente: Rango de medida de 50 a 130 dB, ponderación temporal "fast" (que se corresponde con un tiempo de integración de 250 ms) y escala de ponderación de decibelios A (dBA).

Los parámetros medidos con el sonómetro son:

L_{eq} Nivel sonoro continuo equivalente en el tiempo que dura la medida

SEL Nivel de exposición sonora (nivel constante en 1s que tiene la misma energía que el L_{eq})

LEP_d Nivel diario de exposición personal al ruido

L₁₀, L₅₀, L₉₀ Cuartiles (nivel del SPL por encima del cual ha estado el 10, 50, 90% del tiempo de medida, respectivamente)

MaxL y MinL: Máximo y mínimo nivel RMS, respectivamente.

MaxP: Máximo nivel de pico

Los resultados de las mediciones realizadas se encuentran en la tabla 2, que se adjunta a continuación

TABLA 2: Mediciones realizadas con el sonómetro

Lugar	Fecha	Hora	DUR	Leq	SEL	LEPD	L10	L50	L90	MaxL	MinL	MaxP
Zona 8	19/07	8:28	5:11	76.8	101.7	76.5	78	76	74.5	83.2	72.6	95.2
	19/07	8:35	5:14	77.5	102.4	77.2	78.5	77	75.5	84.8	72.0	96.6
	26/07	9:10	5:56	79.9	105.5	79.6	81.5	79.0	77.5	91.2	74.9	103.0
Zona 1	19/07	8:45	5:00	85.6	110.4	85.3	87	85	83.5	92.2	81.4	105.1
	21/07	8:30	5:11	83.6	108.5	83.3	85.5	82.0	79.0	101.1	75.1	113.5
	25/07	9:46	5:05	87.3	112.1	87.0	89.0	86.5	85.0	96.0	83.5	110.3
Zona 6	21/07	8:32	5:06	68.7	93.5	68.4	71.5	65.5	63.0	81.3	61.4	92.3
	21/07	8:45	5:03	68.9	93.7	68.6	70.5	65.0	63.0	93.6	61.3	103.1
	22/07	12:35	5:08	82.7	107.6	82.4	85.5	79.0	77.5	93.2	76.2	111.1
Zona 7	25/07	8:20	3:03	89.3	111.9	89.0	94.0	80.5	77.5	102.4	75.0	116.0
	26/07	8:45	5:05	85.7	110.5	85.4	87.5	84.5	83.5	98.9	82.4	112.6
	26/07	8:54	3:13	86.1	109.0	85.8	88.0	85.0	83.5	95.1	82.2	111.9
Zona 3	25/07	8:26	2:29	83.2	105.0	82.9	87.0	78.5	72.5	95.7	71.5	109.4
	25/07	8:32	5:20	83.4	108.5	83.1	86.0	79.0	74.5	99.5	71.6	112.7
	27/07	12:41	5:13	86.0	111.0	85.7	89.5	83.0	78.0	101.5	76.0	113.6
Zona 2	25/07	9:32	4:32	88.4	112.8	88.1	91.5	85.5	82.5	103.9	80.9	117.4
	27/07	8:54	5:00	86.2	109.9	85.9	88.0	85.5	83.5	94.3	82.3	107.0
	27/07	13:00	5:08	82.2	113.1	87.9	89.5	87.5	84.0	102.0	82.4	114.7
Zona 4	26/07	9:35	5:22	89.6	114.7	89.3	93.0	81.0	72.5	107.7	70.5	115.7
	27/07	8:45	5:03	82.5	106.3	81.2	86.5	74.0	71.0	96.5	69.7	109.5
Zona 5	26/07	8:31	5:03	79.2	104.0	78.9	79.5	78.5	77.5	91.5	76.8	103.2
	26/07	8:37	5:04	79.3	104.1	79.0	80.0	79.0	78.0	86.7	76.9	98.6

c. Análisis de los resultados

En las tablas 1 y 2 de los resultados de las mediciones (adjuntas previamente), están sombreados en color azul los valores de L_{eq} y los valores pico que superan el umbral marcado por el RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, a partir del cual es obligatorio el uso de los protectores auditivos ($L_{Aeq, d} = 85$ dB(A) y $L_{pico} = 137$ dB(C)). También se han sombreado en color rojo todas las mediciones que se desechan por variar en más de tres decibelios con el resto de mediciones realizadas en una zona concreta. Como se puede ver en las tablas, los valores obtenidos con el dosímetro y con el sonómetro varían ligeramente entre sí. Como ya se explicó previamente, con el sonómetro se tiende a infravalorar el valor real de ruido. Esto es debido a que el dosímetro está ubicado mucho más cerca de la zona de trabajo, y por lo tanto de la fuente emisora, que el sonómetro. (Esta variación es algo intrínseco a la forma de medir).

Se puede ver que en todas las zonas muestreadas se supera el nivel umbral, por lo que se puede concluir que es obligatorio el uso de los protectores auditivos en toda la fábrica. Las zonas donde mayores son los niveles de pico son la zona 1 y la zona 3, que se corresponden con la zona de rebarbado y de trovalizado, respectivamente. De la misma manera son estas dos zonas, junto con la zona 2 (otra zona de puestos de rebarbado) donde los valores de L_{eq} son más elevados, superándose los 100 dB (zonas recuadradas en rojo en el plano de la fábrica del anexo I). A la vista de estos resultados vemos que los mayores niveles de ruido son producidos por la vibración de las cubas de trovalizado, los golpes de las piezas al caer sobre las piedras de sílice y en las operaciones de rebarbado (lijado y pulido de las piezas con la lijadora de banda y con herramientas neumáticas, es decir que usan aire comprimido).

d. Atenuación de los protectores auditivos

Una vez conocido el nivel de ruido al que pueden estar expuestos los trabajadores, y viendo que supera el límite que da lugar a una acción ($L_{Aeq, d} = 85$ dB(A) y $L_{pico} = 137$ dB (C), respectivamente), es necesario conocer la atenuación efectiva que producen las protecciones auditivas elegidas para corregir ese riesgo. Esta atenuación global para un mismo protector, es diferente en cada situación. Posteriormente hay que comparar el nivel al que realmente están expuestos los trabajadores (con el uso de los protectores auditivos), con el valor límite de exposición marcado en el RD 286/2006 ($L_{Aeq, d} = 87$ dB(A) y $L_{pico} = 140$ dB (C), respectivamente)

Existen diferentes metodologías para evaluar la atenuación efectiva del ruido que producen los protectores auditivos, que se encuentran recogidos en la nota técnica de prevención 638. Por ejemplo, está el método basado en H, M y L. Para aplicar este

método es necesario conocer valores de atenuación propios de cada protector auditivo y los valores de presión acústica ponderados A (L_A) y ponderados C (L_C). La reducción del nivel de ruido (PNR) se calcula mediante las fórmulas:

$$PNR = M - \frac{H-M}{4} (L_C - L_A - 2) \text{ en caso de que } L_C - L_A \leq 2\text{dB}$$

$$PNR = M - \frac{M-L}{8} (L_C - L_A - 2) \text{ en caso de que } L_C - L_A \geq 2\text{dB}$$

Por último, el nivel de presión sonora efectivo L'_A se calcula: $PNR = L_A - L'_A$

Los datos de atenuación del ruido de los tapones usados en la fábrica son los que aparecen en las tablas 3 y 4 (más adelante); donde se facilitan los siguientes parámetros:

M_f = Valor medio de atenuación

s_f = Desviación estándar

$APV_f = M_f - s_f$ Protección asumida (atenuación producida con una probabilidad del 84%)

SNR = Valor global de atenuación del protector (el valor que restado del nivel de presión sonora ponderado C, L_C , nos da el valor estimado de exposición al ruido en el interior del oído protegido).

H = Valor de atenuación a altas frecuencias (nivel de reducción de ruido previsto para ruidos con $L_C - L_A = -2\text{dB}$)

M = Valor de atenuación a frecuencias medias (nivel de reducción de ruido previsto para ruidos con $L_C - L_A = +2\text{dB}$)

L = Valor de atenuación a frecuencias bajas (nivel de reducción de ruido previsto para ruidos con $L_C - L_A = +10\text{dB}$)

TABLA 3: Atenuación de los tapones reutilizables con caja

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f (dB)	26.6	27.7	28.4	29.5	29.5	35.6	35.4	38.9
S_f (dB)	9.4	9.9	10.9	9.6	8.2	6.8	9.6	6.7
APV_f (dB)	17.2	17.8	17.5	19.9	21.4	28.8	25.8	32.2
SNR = 25dB H = 27dB M = 22dB L= 20dB								

TABLA 4: Atenuación de los tapones desechables

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f (dB)	20.8	24.8	29.7	32.9	31.4	32.9	40.6	42.5
S_f (dB)	5.4	5.3	6.0	5.5	6.0	2.6	2.8	4.4
APV_f (dB)	15.4	19.5	23.7	27.4	25.4	30.3	37.8	38.1
SNR = 31dB H = 31dB M = 27dB L = 25dB								

En este estudio, no se pueden llevar a cabo los cálculos de la atenuación debido a que no se conocen los valores de presión acústica ponderados C y tampoco se pueden calcular a partir de los niveles ponderados A, dado que no se poseen los datos del espectro de frecuencias.

8. MEDIDAS PARA ATENUAR EL RUIDO

Hay ciertos conceptos generales sobre la acústica que hay que tener en cuenta para poder decidir posteriormente qué medida es la más adecuada para cada caso de exposición concreto.

El sonido es una onda sonora que se propaga a través de un fluido (el aire). El campo sonoro, es decir, el ambiente sonoro que existe en un lugar tiene dos componentes:

$$\text{Campo sonoro} = \text{Campo directo} + \text{Campo Reverberante}$$

Se entiende por campo directo el nivel de ruido que emite la fuente de forma directa, en cambio, el campo reverberante es el producido por las ondas sonoras que impactan en las superficies sólidas y que, en lugar de ser absorbidas, rebotan de nuevo, contribuyendo a aumentar el nivel de ruido (sin que se esté emitiendo más). Es importante tener en cuenta estos dos factores, dado que puede suceder, que aun teniendo una fuente de ruido que no emita grandes niveles, haya una gran exposición a ruido debido a una alta reverberación.

El ruido, ha sido normalmente considerado por la sociedad en general, como un “mal menor”, una molestia inevitable con la que hay que convivir en la industria. Los trabajadores expuestos al ruido tienden a pensar que se acostumbran a él tras un tiempo trabajando en un ambiente de este tipo. Esto es un error ya que el oído no se acostumbra a los altos niveles de ruido, sino que se daña y comienza a perder capacidad auditiva. Como siempre se ha tenido esta percepción sobre el ruido industrial, normalmente la medida que se toma para evitarlo es aquella que debería usarse como último recurso, los protectores auditivos. En vez de optar por esta opción (actuación sobre el receptor), habría que considerar previamente la posibilidad de eliminar las fuentes de ruido o sustituirlas por otras menos ruidosas. En caso de que esto no sea posible, habría que adoptar otras medidas técnicas de aplicación en origen, es decir, sobre la fuente emisora de ruido; o incluso, sobre el medio de propagación. Con estas medidas se conseguiría reducir los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores. Además de estas medidas de tipo técnico, es importante considerar previamente acciones de tipo organizacional. Estas pueden ayudar a solucionar el problema, o al menos, mitigarlo, sin necesidad de invertir mucho capital en mejoras técnicas. Al contrario que las medidas técnicas, las de tipo organizativo no contribuyen a reducir el nivel de ruido, sino el tiempo de exposición del trabajador.

En primer lugar, dentro de las **medidas** que influyen en la **organización** del trabajo, podemos encontrar:

La reubicación de las máquinas más ruidosas a las zonas de la fábrica menos transitadas o donde menos personal haya, para crear así varias zonas diferenciadas. De esta manera, habrá una zona en la fábrica donde el ruido sea menor. Así pues se podrían realizar rotaciones de los trabajadores en los diferentes puestos de trabajo, evitando que los trabajadores estén expuestos al ruido toda la jornada laboral.

Cuando se trabaja en un centro con mucho ruido, es muy importante tener un área silenciosa donde poder realizar las pausas que estén establecidos y poder así tener un periodo de “descanso sonoro”.

En segundo lugar tenemos las **medidas de tipo técnico**:

- Mantenimiento y limpieza periódica de las herramientas y de toda la maquinaria.

Todas las máquinas, con el uso, comienzan a generar más ruido del que producían originariamente. Esto es debido a que se pueden desajustar algunas piezas o partes de la misma, produciendo rozamientos y vibraciones que se transforman en ruido.

- Eliminación de las vibraciones.

La mayoría de las máquinas vibran al funcionar, en mayor o menor medida. Para máquinas cuya vibración sea muy grande se puede optar por colocarlas sobre unos soportes anti-vibratorios, que amortiguan el movimiento y evitar el contacto directo con el suelo

- Encapotamiento de máquinas.

Una opción muy eficaz cuando se tiene la fuente de ruido muy focalizada sobre una máquina concreta es el cerramiento total o parcial de la máquina en cuestión, aislando de esta forma el ruido del trabajador. Para poder usar esta opción es necesario que el trabajador esté alejado de la máquina y que no necesite de contacto directo con la misma para realizar su trabajo. Para que sea eficaz el cerramiento debe de estar lo más sellado posible (teniendo en cuenta que se ha de acceder a la máquina para su control o mantenimiento) sin que se produzcan escapes.

- Acondicionamiento acústico del centro de trabajo.

Para realizar el acondicionamiento acústico de una fábrica hay varias opciones a tener en cuenta: por un lado están las pantallas acústicas que disminuyen el campo directo, y por otro, los revestimientos con materiales absorbentes, que reducen el campo reverberante.

- Pantallas o barreras acústicas.

Estas pantallas deben colocarse lo más cerca posible de la fuente y también estar entre el trabajador y la dirección en la se emite el ruido. Lo que hacen es evitar la llegada de las ondas sonoras, debidas al campo directo, al trabajador.

- Revestimientos con materiales absorbentes.

Los materiales absorbentes tienen un alto amortiguamiento interno y son capaces, en lugar de reflejar las ondas sonoras, de absorberlas. Los materiales que tienen muchos poros (orificios) son buenos absorbentes acústicos. Esto es debido a que la energía de las ondas sonoras se transforma en calor, es decir, en energía térmica, al contacto con el aire presente en los poros del material. El coeficiente de absorción dependerá del tipo de material que sea (de su densidad, su porosidad, etc.), así como del espesor del mismo. Son mejores absorbentes para ruidos de altas frecuencias.

Son materiales absorbentes: la fibra de vidrio moldeada (compuesta por filamentos con una estructura ordenada y elástica), la lana mineral (estructura multidireccional), la lana de roca (estructura fibrosa), el corcho, las fibras textiles entrelazadas por resinas sintéticas, la espuma de poliuretano expandido flexible acoplada a un film de poliuretano, la fibra de poliéster, las telas acústicas, etc.

9. ESTUDIO VIABILIDAD

En el caso de este estudio y teniendo en cuenta las condiciones y el tipo de actividad industrial que existe en la empresa, se proponen las siguientes medidas para atenuar los niveles de ruido que existen en la fábrica.

En primer lugar, llevar a cabo un mantenimiento preventivo de todas las máquinas. En este mantenimiento periódico se revisaría el ajuste de piezas para que no haya piezas sueltas que vibren y generen ruido (como por ejemplo, las carcasas o protecciones de las lijadoras de banda y de los taladros) así como ver si hay necesidad de lubricar juntas o zonas de rozamientos.

En segundo lugar, establecer un control de fugas de aire comprimido. Todas las herramientas manuales que se usan en la fábrica son neumáticas y cualquier fuga existente en las tuberías, mangueras y conexiones de las mismas genera mucho ruido de fondo pero que es moderadamente fácil de evitar. Es muy importante en este sentido concienciar a los trabajadores de que deben reparar una fuga siempre y en el mismo momento en que la encuentren. Se ha llevado a cabo una campaña de prevención de fugas. Se hizo con el objetivo de reducir, al mismo tiempo, la generación de ruido y el gasto energético (que va siempre acompañado de costes económicos). Se apostó por la motivación de los trabajadores y se les indicó que, durante una semana, digamos de forma masiva, se señalizaran todas las fugas que se encontraran con cinta roja. Posteriormente, se arreglaba la fuga y se señalizaba nuevamente con cinta azul. Al finalizar la semana, se recogían y retiraban todas las cintas. Los carteles explicativos usados para esta campaña están en el anexo III. Estos carteles se colocaron en un tablón de la fábrica en una zona de tránsito de trabajadores para que estuvieran a la vista de todos. Junto a ellos se dispuso el material necesario para la señalización de las fugas. Sería aconsejable repetir este tipo de acciones de forma periódica, para que a base de repetir ciertas conductas, se cree un hábito en los trabajadores.

Existen ciertas mejoras que se pueden realizar en todo el sistema de aire comprimido, como es la colocación de silenciadores en las conducciones. Estas estructuras amortiguan y disminuyen el ruido que se produce por las turbulencias del aire en el interior de las conducciones. Existen diferentes tipos de silenciadores: disipativos, reactivos y reactivo-disipativos.

En tercer lugar, debido a que el encapotamiento de las máquinas no es muy viable dado que el trabajador necesita usarla directamente, existe la opción de acondicionar acústicamente las zonas donde los niveles de ruido son más elevados, la zona de rebarba y en la zona de trovalizado (zona 1 y 3 del plano de la fábrica en el anexo I). Se propone recubrir las paredes contiguas a estas zonas con paneles de fibra de vidrio sobre chapa perforada, consiguiendo así, una amplia superficie de material que absorbe las ondas sonoras. Además, colgar del techo paneles verticales

absorbentes sobre estas dos zonas, pudiendo usar materiales del tipo fibra de poliéster.

En cuarto lugar, en las cubas de trovalizado se genera mucho ruido, debido a la vibración que produce la máquina y al choque que esta origina entre las piezas de aluminio y las piedras de sílice. Esto es inevitable mientras que las cubas permanecen abiertas (para introducir o sacar las piezas) puesto que la generación de ruido es algo intrínseco este proceso de pulido de piezas. Existe la opción de modificar las puertas que cubren las cubas (y que permanecen cerradas durante el clico de pulido y lavado de las piezas), y que estén forradas por dentro con materiales absorbente para que los niveles de ruido sean menores, al menos durante el tiempo que las cubas permanecen cerradas (que es mayor al que están abiertas).

En quinto y último lugar, tener en cuenta también que los trabajadores sean conscientes del ruido que ellos mismos generan al realizar sus tareas. En esta fábrica se trabaja con aluminio que, como todos los metales, es un material con un bajo amortiguamiento interno. Esto hace que al chocar dos piezas entre sí o contra otra superficie metálica se generen picos de ruido de impacto. En este sentido es interesante concienciar a los trabajadores sobre este hecho ya que se tiende a tratar las partes de las piezas que sobran (por ejemplo, los bebederos) con poco cuidado, tirándolos sobre los contenedores.

10. CAMPAÑA PARA EL USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

En la empresa se considera la comunicación como un elemento fundamental e indispensable para el correcto funcionamiento de la empresa. Es por ello, que en la fábrica se cuenta con una zona, llamada Communication Room, donde se exponen una serie de paneles informativos relativos a los diferentes departamentos de la empresa. En estos paneles se presentan los datos diarios y los indicadores, relativos a la seguridad, la calidad y la producción, para que estén a la vista de todos. Esos paneles son actualizados a diario en una reunión entre los responsables de dichos departamentos y los coordinadores de equipo. A parte de esta reunión, los coordinadores de equipo mantienen otra, una vez a la semana, con todos los operarios, en la cual se comenta cualquier problema de seguridad que haya podido surgir y se informa sobre las medidas que se toman para solventarlos. Además, existen otros paneles destinados directamente a la comunicación de todo tipo de información. Esto se hace para dar cumplimiento al Artículo 18 de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales, según el cual los trabajadores tienen que estar informados de los riesgos a los que se encuentran expuestos en su puesto de trabajo, así como de las medidas correctoras y/o preventivas que se lleven a cabo para solucionarlos.

Debido a que la exposición al ruido es constante durante toda la jornada laboral, es muy importante concienciar a los trabajadores para que usen durante todo el tiempo y de forma correcta, los protectores auditivos. De esta manera conseguiremos reducir la exposición hasta niveles aceptables que no sean dañinos para la salud, y evitaremos que se produzcan lesiones auditivas.

Los protectores auditivos son eficaces siempre y cuando se encuentren en buen estado, es decir, que no estén rotos, dañados, o con alguna modificación de sus características de origen. Para que ofrezcan la máxima atenuación (en función de su diseño y de los materiales usados), es necesario que se usen durante todo el tiempo de exposición, ya que de lo contrario, se pierde la efectividad y se deja de estar protegido, de hecho la eficacia se reduce de forma exponencial al disminuir el tiempo de uso. Por último también es preciso que estos equipos se usen correctamente, de no ser así, sería como no llevarlos puesto y la exposición al ruido no se vería prácticamente reducida.

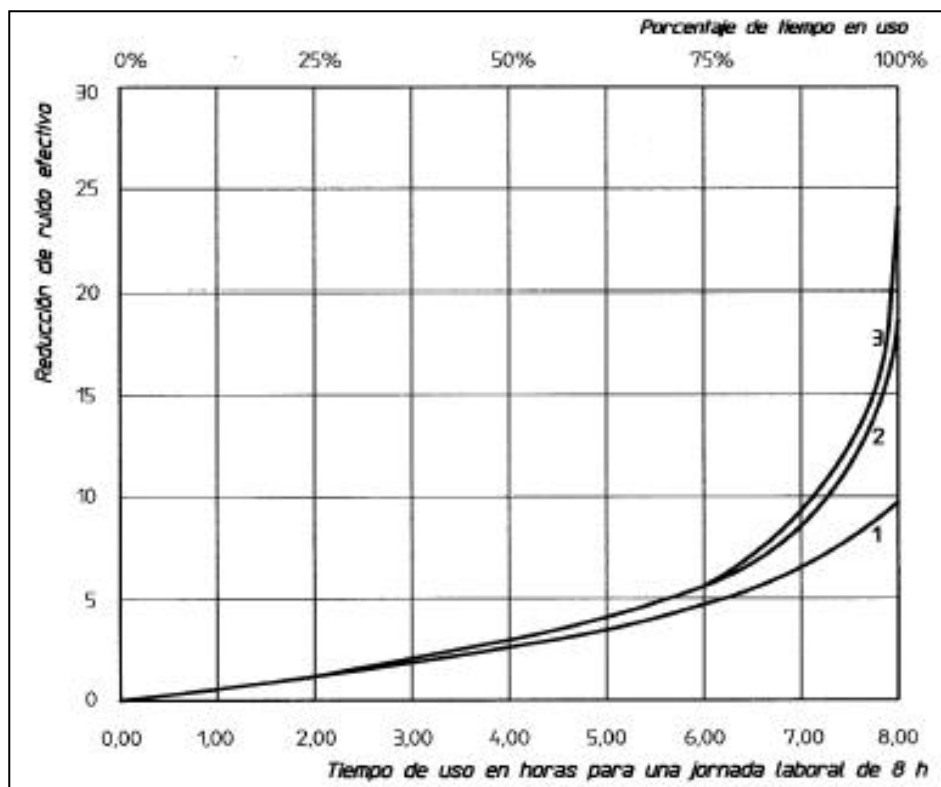


Figura 5: Reducción ruido-%tiempo en uso de los protectores auditivos. Fuente: Instituto de salud



Figura 6: Porcentaje de uso de protectores auditivos y su eficacia. Fuente: Unidad de PRL de la Universidad de Zaragoza.

Para usar los tapones correctamente, estos deben quedar completamente introducidos en el canal auditivo, y hay que tener la sensación de que la voz propia suena a hueco. Además hay que tener en cuenta que el tapón no debe moverse fácilmente. En cuanto a las orejeras, las almohadillas deben estar bien ajustadas a las orejas, sin que haya nada que lo impida (por ejemplo, el pelo).

La formación e información de los trabajadores es la clave para crear en estos una cultura preventiva y unos hábitos seguros en el entorno de trabajo. Por lo tanto, hay que facilitar a los trabajadores toda esta información sobre el ruido, y hacerlo de forma periódica, porque si no es muy probable (que por temas de desconocimiento o de comodidad), los protectores auditivos dejen de usarse o no se haga de la forma más conveniente.

Esta es la razón por la cual se ha llevado a cabo una campaña sobre los efectos dañinos de estar expuestos al ruido sin usar correctamente los Equipos de Protección Individual. Tiene como objetivo principal dar una información clara y concisa que fomente y motive a los trabajadores en el uso de los protectores auditivos. Se han realizado unos carteles informativos (incluidos en el Anexo II) para colocarlos en la fábrica y que estén visibles, intentando que sean llamativos y se entiendan fácilmente. Además, se ha recordado toda esta información en una de las reuniones diarias, animando a los coordinadores de equipo para que se la trasladen a todos los trabajadores.

11. CONCLUSIONES

Dentro del marco legislativo de la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales es fundamental el análisis y la evaluación de los riesgos existentes en un puesto de trabajo. Es por esta razón por la que se ha llevado a cabo este trabajo, en el que se evalúa el riesgo por exposición al ruido y las consecuencias que de él pueden derivar.

Tras el análisis de los peligros para la salud que produce la exposición prolongada en el tiempo a altos niveles de ruido, se ha diseñado una estrategia de medición para obtener datos representativos de los niveles existentes en las naves de fabricación de la empresa.

Después de realizar las mediciones de ruido en la fábrica se puede concluir que es obligatorio el uso de equipos de protección auditiva en todas las naves de fabricación; y por lo tanto se ha fomentado el uso de dicho equipos de protección entre los trabajadores.

Sería conveniente realizar un estudio en mayor profundidad que permita conocer la atenuación real que producen los protectores auditivos usados en la empresa.

A raíz de la investigación sobre las posibles formas para atenuar y disminuir el ruido, se han propuesto varias medidas que pueden ser de utilidad en el caso concreto de la empresa a estudio. La empresa estudiará la viabilidad económica de llevarlas a cabo.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Documentación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo :

Guía orientativa para la selección y utilización de protectores auditivos

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.

Nota técnica de prevención 270: Evaluación de la exposición al ruido.
Determinación de niveles representativos

Nota técnica de prevención 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos

Nota técnica de prevención 952: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación

Nota técnica de prevención 960: Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.

- Legislación:

Aplicación del R.D. 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Directiva 89/391/CEE, del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco).

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.

Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

- Páginas web:

Instituto de salud pública de Chile; acceso agosto de 2016. Disponible en: <http://www.ispch.cl/>

Temas de estudio para la anatomía humana general; acceso julio de 2016. Disponible en: www.anatolandia.com/2013/10/organo-del-oido.html

Unidad de prevención de riesgos laborales (Universidad de Zaragoza); acceso agosto de 2016. Disponible en: <http://uprl.unizar.es/doc/02%20ruido.pdf>

- Otros:

Brüel&Kjaer. Technical documentation: Personal noise dose meter type 4448. User Manual; Septiembre 2011

Capítulo 47 de la Enciclopedia de la OIT: Ruido

Guía 2 ¿Qué medidas aplicar para prevenir o controlar los riesgos asociados al ruido? Confederación empresarial de Madrid.

Hojas técnicas protectores auditivos de 3M

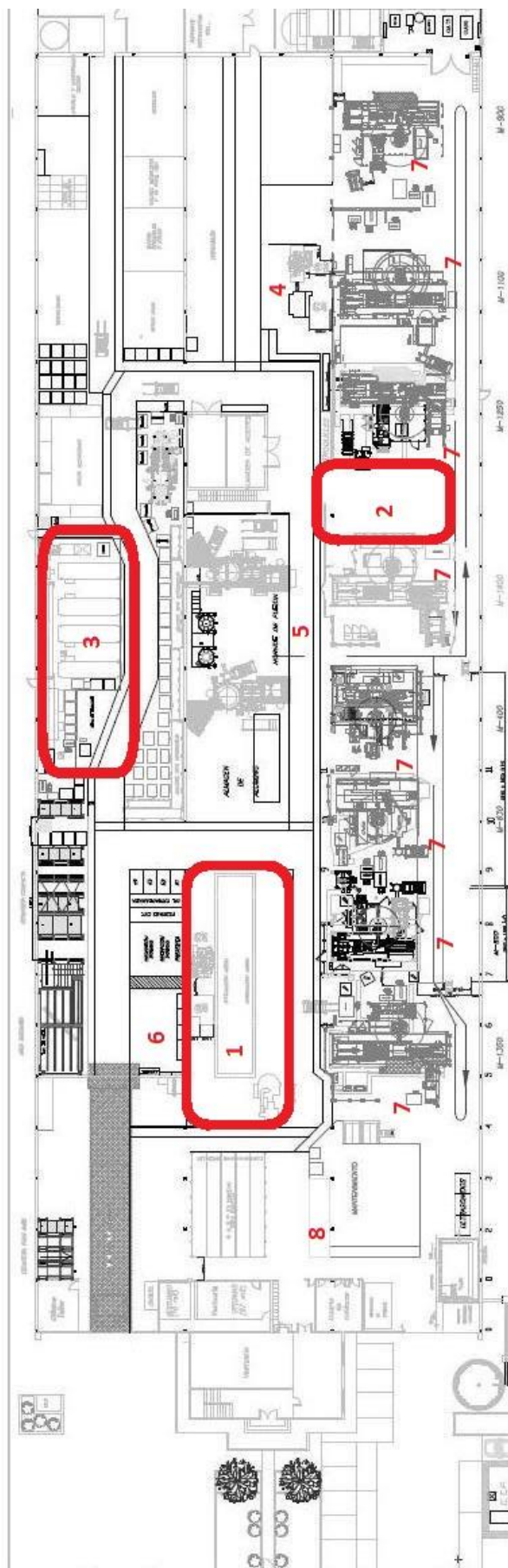
Imagen «Ruido» de Aneta Sedlakova. Gentileza del Concurso de Carteles sobre Seguridad en el Trabajo organizado por el Instituto Central para la Protección de la Salud del Instituto Nacional de Investigación de Polonia.

Miguel Ángel Uña Gorospe. Protocolos de vigilancia sanitaria específica: ruido. Instituto vasco de seguridad y salud laborales.

100 Practical applications of Noise Reduction Methods. Health & Safety Executive of London; 1983

13.ANEXOS

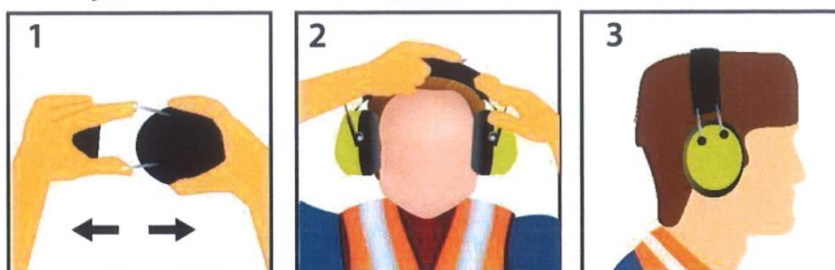
ANEXO I: Plano de la fábrica



ANEXO II: Carteles de la campaña para el uso de equipos de protección individual

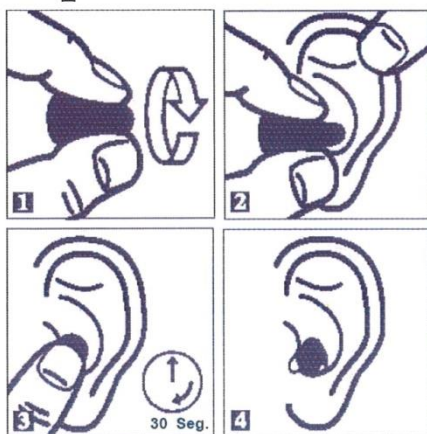
PROTECCIONES AUDITIVAS, YA QUE LAS TIENES, ¡PÓNTELAS!

Orejetas



Para conseguir una protección óptima, es necesario que la almohadilla se ajuste perfectamente a la oreja.

Tapones



Girar y comprimir progresivamente el tapón, e introducir en el oído mientras se estira la oreja.

El borde inferior del tapón debe encontrarse en la abertura del canal auditivo, no fuera.

PERO HAZLO DE LA FORMA
CORRECTA

EFECTOS NEGATIVOS DEL RUIDO EN EL TRABAJO



- FATIGA AUDITIVA
- PÉRDIDA DE AUDICIÓN
- ↓ CONCENTRACIÓN
- ↑ ESTRÉS
- TRANSTORNOS DEL SUEÑO

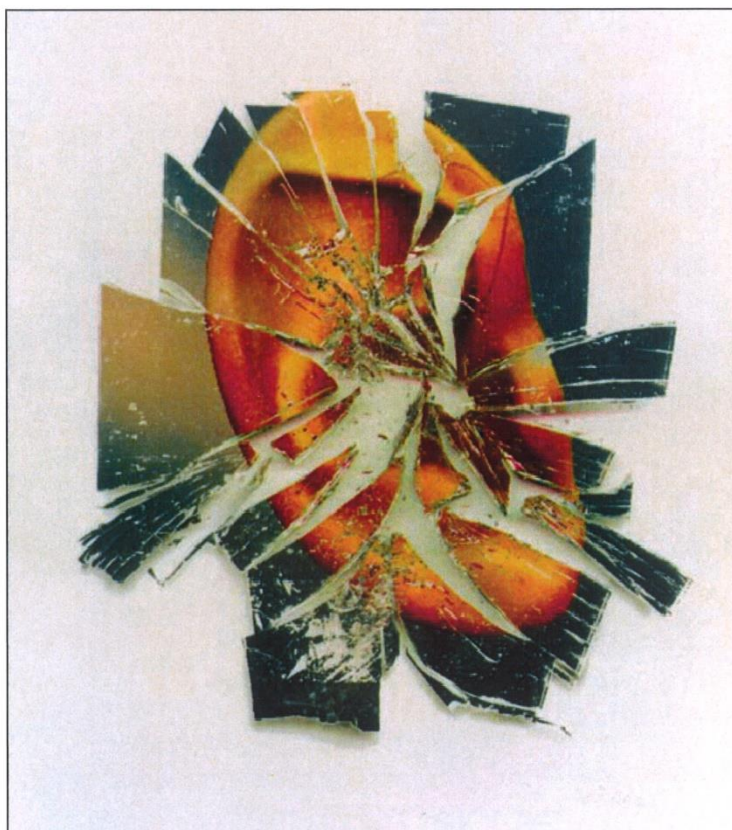
⚠ NO LO OLVIDES ⚠

Es **obligatorio** el uso de protectores auditivos en toda la fábrica



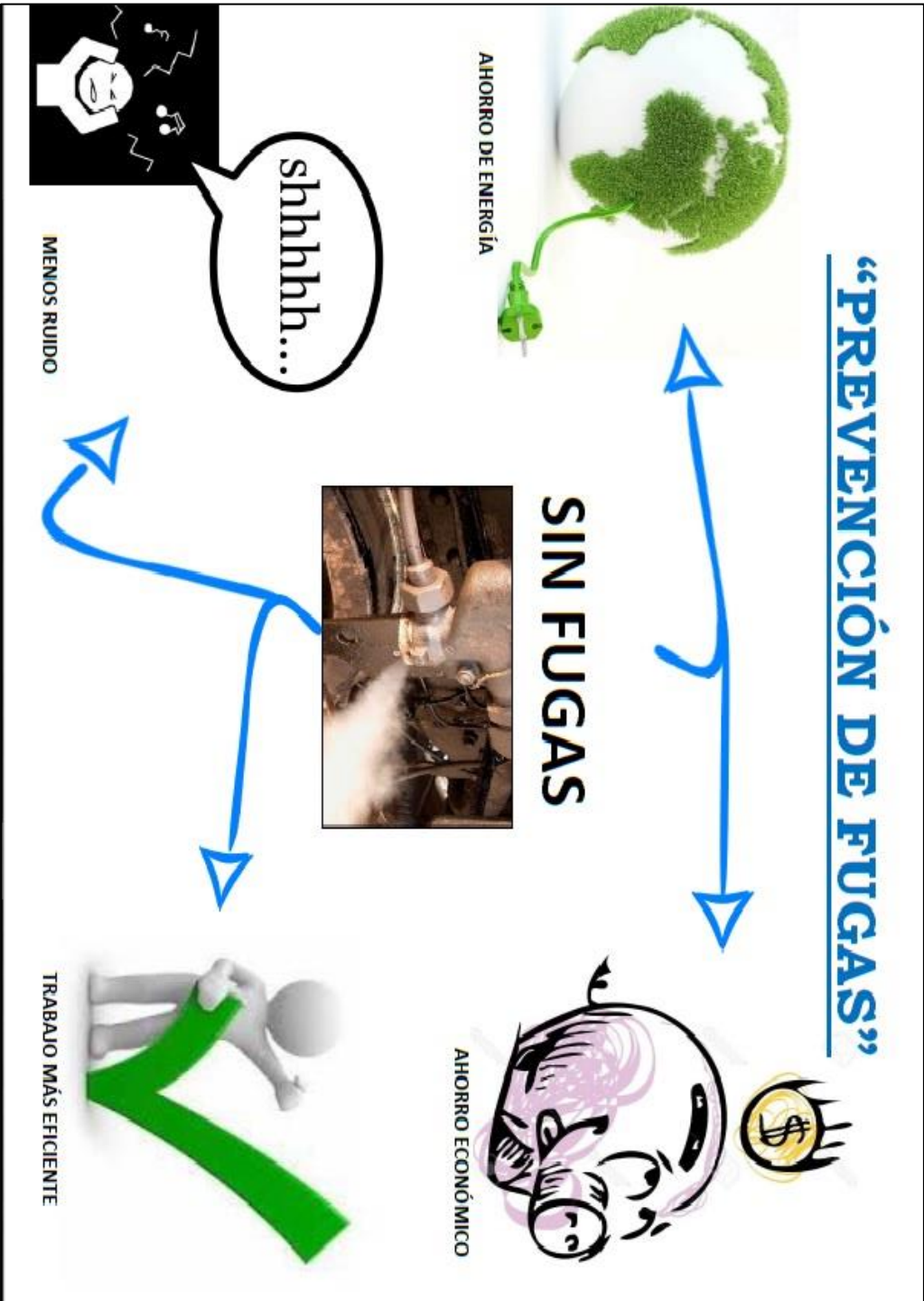
**“ES MEJOR PREVENIR QUE
CURAR”**

Además...



**La sordera
ES IRREVERSIBLE**

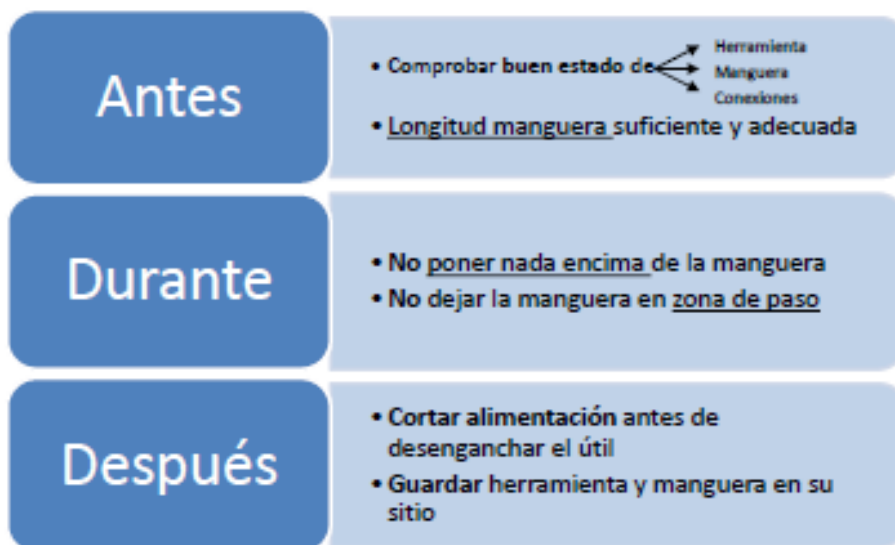
*ANEXO III: Carteles de la campaña de
prevención de fugas*



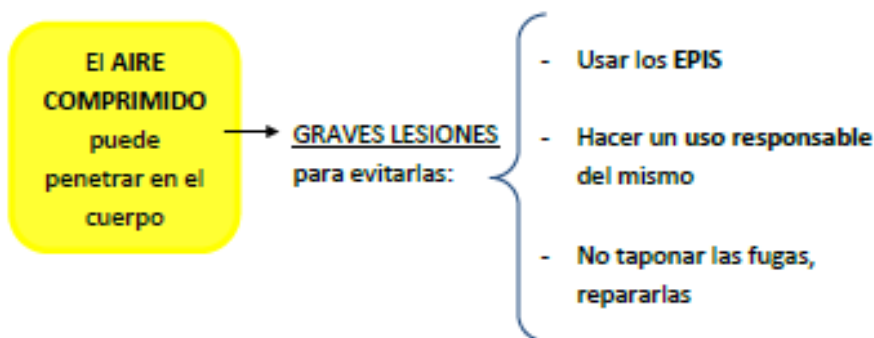
PREVENCIÓN DE FUGAS
Del 7 al 21 de Junio

MEDIDAS PREVENTIVAS

EVITAR FUGAS



TRABAJAR DE FORMA SEGURA



DEL MARTES 7 AL MARTES 21 DE JUNIO, CAMPAÑA:

“PREVENCIÓN DE FUGAS”

1º

→ DETECTAR LA FUGA

→ SEÑALIZAR CON CINTA ROJA Y BLANCA



2º

→ REPARAR LA FUGA

→ SEÑALIZAR CON CINTA AZUL Y BLANCA



3º

→ RECOPILAR TODAS LAS CINTAS
USADAS EN LA CAJA DESTINADA
PARA ELLO

