



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**VALORACION, ESTUDIO Y DETERMINACION DE
CAUSAS DE RUIDO EN MINERIA CARA A LA
ELABORACION DE NORMATIVA Y REDUCCION
DE LOS MISMOS.**

Madrid, Octubre de 1.991.

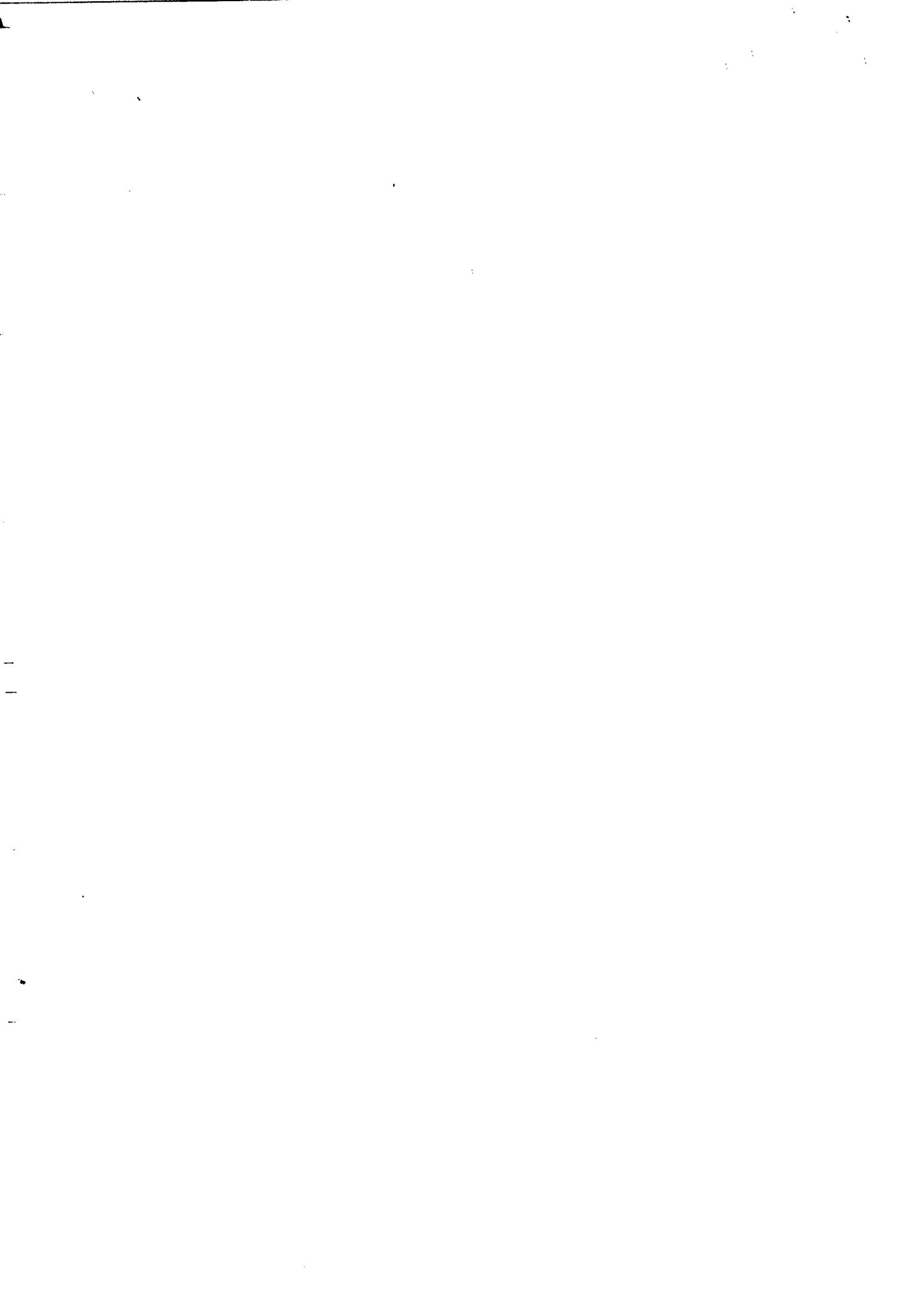


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01113

**VALORACION, ESTUDIO Y DETERMINACION DE
CAUSAS DE RUIDO EN MINERIA CARA A LA
ELABORACION DE NORMATIVA Y REDUCCION
DE LOS MISMOS.**

Madrid, Octubre de 1.991.



INDICE

| | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN | 1 |
| 1.- ANTECEDENTES | 2 |
| 2.- DESARROLLO DEL PROYECTO | 3 |
| 2.1.- Metodología | 3 |
| 2.1.1.- Estudio de los textos reglamentarios existentes | 3 |
| 2.1.2.- Estudio de protectores auditivos | 4 |
| 2.1.3.- Primer Borrador de ITC | 5 |
| 2.1.4.- Campañas de medida | 5 |
| 2.1.4.1.- Minería de Carbón | 6 |
| 2.1.4.2.- Minería de Potasa | 13 |
| 2.1.5.- Borrador definitivo de ITC | 24 |
| 2.1.6.- Guía Práctica | 24 |
| 3.- CONCLUSIONES | 25 |
| AGRADECIMIENTOS | 27 |
| BIBLIOGRAFIA | 28 |
| ANEXOS | |
| I: Anteproyecto de ITC "Condiciones ambientales. Protección de los trabajadores frente al Ruido" | |
| II: Guía práctica de iniciación al Ruido | |

Este estudio ha sido desarrollado por el Laboratorio Oficial José María de Madariaga (LOM), para el Area de Seguridad Minera del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE), en régimen de Convenio con la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

En la realización de este trabajo han participado:

Por el ITGE:

**D. Jesús Gómez de las Heras
Jefe del Area de Seguridad Minera.
Ingeniero de Minas.**

**D^a Carmen Marchán Sanz.
Ingeniero de Minas.**

Por el LOM:

**D. Ramón Mañana Vázquez.
Director del LOM.
Catedrático de la ETSIMM (UPM).**

**D. Ramón González Eguren.
Coordinador General del LOM.
Ingeniero Técnico de Minas.**

**D. José Luis Suarez González.
Ingeniero Técnico de Minas.**

RESUMEN

Tradicionalmente, en la Minería española (al igual que en otras actividades industriales), no se ha concedido mucha importancia al problema del "Ruido", admitiéndolo y/o asumiéndolo como algo inherente e inevitable del trabajo en las explotaciones de interior.

Hasta el año 1989, la reglamentación existente en España era, al menos, confusa y ambigua, estando basada en dos textos legales:

- Por una parte, la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo de 7 de Marzo de 1971, en donde se obligaba al uso de protectores individuales a partir de los 80 dB, debiendo extremarse la precaución a partir de los 110 dB.
- Por otra parte, en el cuadro de enfermedades profesionales del Sistema de la Seguridad Social, aprobado el 12 de Mayo de 1978, se consideran como trabajos que pueden ocasionar hipoacusia, o sordera provocada por el Ruido, aquellos que expongan a los trabajadores a un nivel sonoro continuo equivalente de 80 dBA, durante ocho horas diarias o cuarenta semanales.

A nivel de la Comunidad Europea, el año 1986 marca un hito importante en la materia, al publicarse la Directiva 86/188/CEE, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo. Esta Directiva obligaba a los Estados miembros a poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para cumplir con ella a más tardar el 1 de Enero de 1990.

Consciente de la importancia de esta Directiva, y de la peculiaridad y problemática asociada a la aplicación en la Minería de interior, el "Organo Permanente de Luxemburgo para la Seguridad y la Salubridad en las Minas y otras industrias extractivas", inicia a principios del año 1988, la elaboración de un código de buena práctica para la aplicación de la citada Directiva a la Minería de Interior.

La transcripción al derecho español se realizó mediante Real Decreto 1316/89, de 27 de Octubre (BOE 02/11/89). Esta transposición, lejos de ser literal en lo que se refiere a las limitaciones, pasó a ser más exigente que la propia Directiva, ya que la existencia de reglamentación anterior impedía "aumentar" estos límites, dado el carácter de derecho positivo en el terreno laboral.

1.- ANTECEDENTES

Con fecha 28 de Septiembre de 1988, el Area de Seguridad Minera del ITGE, contrató al Laboratorio Oficial José María de Madariaga (LOM), a través de la Universidad Politécnica de Madrid, la elaboración de una investigación sobre valoración del Ruido en la Minería de Interior cara a la elaboración de Normativa, como apoyo reglamentario a su reducción.

El proyecto a realizar en el trienio 1988 - 1991, marcaba como objetivo prioritario, la elaboración de una Instrucción Técnica Complementaria (en adelante ITC), al Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, que recogiera y desarrollara, en principio, la reglamentación en la materia, con vistas a facilitar y arbitrar fórmulas de aplicación, dada la peculiaridad y rigor de las condiciones en el entorno minero subterráneo.

La consecución de estos objetivos, lejos de basarse únicamente en planteamientos bibliográficos teóricos, debería ser contrastada con la realización de campañas exhaustivas de medida, donde se validasen los métodos propuestos en la Instrucción Técnica Complementaria a desarrollar.

Por último, se pretendía la valoración cuantitativa de los protectores auditivos más adecuados al entorno minero de interior de tal forma que se facilitase a todas las partes implicadas la labor de su elección.

La consecución de los principales objetivos marcados puede considerarse como total, plasmándose todos ellos, bien directa, bien indirectamente, en la ITC elaborada. No obstante, a lo largo de la investigación, y por causas totalmente ajenas al equipo de trabajo surgieron, en determinadas explotaciones, problemas para la toma de datos, lo cual ha limitado la información necesaria para tener una visión global del problema.

Dado el carácter evidentemente técnico de una Instrucción Técnica Complementaria, y lo posiblemente novedoso del tema para muchos de los implicados se ha considerado importante la elaboración de una breve guía, tendente a introducir al técnico al campo del Ruido. Este documento puede ser de gran utilidad como paso previo a la comprensión de la ITC.

2.- DESARROLLO DEL PROYECTO

Dado el carácter eminentemente práctico de la investigación, cuyo objetivo consistió fundamentalmente en la elaboración de un documento final a modo de Instrucción Técnica Complementaria, se ha creído conveniente incluir como ANEXOS finales los resultados del mismo, dejando los distintos capítulos que componen este Informe para exponer de forma detallada como se ha llegado a su elaboración.

2.1.- Metodología.

La metodología seguida para la consecución de los objetivos del proyecto ha pretendido ser coherente con la realidad de las minas, dentro del marco reglamentario existente. Por ello se ha estructurado esquemáticamente como sigue:

2.1.1.- Estudio de los Textos Reglamentarios existentes.

El documento base, lo ha constituido el Real Decreto 1316/89 de 27 de Octubre (BOE 02/11/89) sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al Ruido durante el trabajo.

No obstante, dado que a la fecha de iniciación del proyecto aún no se había publicado ni se conocía el texto del Real Decreto, se profundizó en el estudio de la Directiva Comunitaria 86/188/CEE (del año 1986) así como en las recomendaciones del Organismo Permanente de Luxemburgo, que si bien fueron publicados con posterioridad al citado Real Decreto, su texto ya se conocía al ser partícipe el Laboratorio Oficial Madariaga, en el Grupo de Trabajo encargado de elaborarlo.

A pesar de las diferencias existentes en los límites de exposición y en la periodicidad de los controles médicos, entre los documentos Comunitarios y el texto legal español, todos ellos participan de un mismo espíritu, tendente a proporcionar fórmulas eficaces y coherentes de protección del trabajador. Por ello, han sido de especial valor los documentos CEE, sobre todo el Código de Buena Práctica del Organismo Permanente, dotado de un carácter eminentemente práctico y elaborado por técnicos implicados día a día en la solución del problema en sus respectivos países.

2.1.2.- Estudio de Protectores auditivos.

La valoración del Ruido en un puesto de trabajo, o en un entorno, debe tener por objeto no sólo comprobar el nivel existente (para valoración del riesgo de pérdida de oído), sino también determinar la atenuación adecuada que deben proporcionar los protectores auditivos, si es éste el medio elegido de protección. Esta protección debe ser tal que rebaje el nivel recibido por el operario a valores no nocivos.

Para determinar la adecuación de un protector a un determinado nivel de Ruido basta en principio, conocer el espectro de frecuencias del mismo, para, de esta forma, calcular la atenuación y por tanto, el nivel atenuado que recibe el trabajador.

Dado que el análisis de frecuencias puede presentar, en algunos casos, dificultades de tipo práctico, no se ha querido descartar otro método alternativo, aproximado, pero del suficiente rigor cuya aplicación resulta más sencilla y por tanto incluso más precisa.

El método propuesto (incluido en la ITC desarrollada) consiste en la medida de los niveles de exposición, según las curvas de ponderación (C) y (A), calculando posteriormente su diferencia ($L_C - L_A$). Esta diferencia se correlaciona perfectamente con los ruidos de tipo industrial y nos indica la forma del espectro del Ruido cara a la elección del protector adecuado. En la práctica ($L_C - L_A$) oscila en el intervalo (- 2 dB) a (+ 10 dB).

El cálculo de la correlación existente entre la atenuación global del protector auditivo y el valor $|dBC - dBA|$, está basado en los trabajos realizados por el Instituto Nacional de Medios de Protección, sobre una muestra de 100 espectros de ruido industrial (seleccionados por el NIOSH), calculándose la atenuación del protector frente a cada uno de ellos. A este conjunto de 100 puntos, se ajusta una parábola por el método de mínimos cuadrados obteniéndose las atenuaciones en dBA para cada punto del intervalo de frecuencias (- 2 dB) / (+ 10 dB).

Este método tiene la ventaja de que una vez conocida la diferencia ($L_C - L_A$), se puede conocer la atenuación del protector de forma directa, con los datos de atenuación proporcionados por el fabricante.

Con objeto de orientar a los usuarios mineros de la atenuación que cabe esperar de un protector auditivo, se incorporó a la ITC elaborada, un ANEXO orientativo, sobre las bandas de atenuación típicas de los protectores, trabajando sobre 60 fichas de homologación y clasificándolos según la Norma UNE 81.001.

2.1.3.- Primer Borrador de ITC.

Al poco tiempo de iniciar las campañas de medidas, se procedió a la elaboración de un primer borrador de ITC, basado en los aspectos a que se refieren los puntos 2.1.1 y 2.1.2. Este borrador previo debía servir a los efectos de ser puesto en práctica en las siguientes campañas, incluso a título de procedimiento operativo, valorándose de esta forma su adecuación a las dificultades de todo orden del entorno minero de interior. En esencia constituyó una guía de trabajo que debía ser validada y/o corregida para limar los problemas detectados en su aplicación.

Dado que este documento sólo constituyó un procedimiento previo, no se estima necesaria su inclusión en este trabajo, pues no haría más que enturbiar sus conclusiones.

2.1.4.- Campañas de medidas.

El objetivo principal de estas campañas de medidas, además de conocer la situación real de las minas españolas, fue de validar los borradores de ITC elaborados y adquirir experiencia suficiente como para desarrollar un documento basado en una visión práctica del problema.

Por causas ajenas al equipo de trabajo surgieron, en determinadas explotaciones, problemas en la toma de datos, lo que limitó considerablemente el número de medidas realizadas así como la experiencia a adquirir por el personal investigador.

Fundamentalmente, se hicieron medidas en una empresa del sector carbón y en otra del sector potasa. A continuación se incluye el estudio de los resultados obtenidos por considerarse de interés en el marco del proyecto, no haciendo mención expresa a aspectos a incluir en la ITC pues ya se encuentran plasmados en el documento elaborado.

En los Cuadros I al VII, incluidos al final de este punto se resumen los resultados obtenidos.

En total se realizaron unas 100 medidas de dosis de Ruido, el 70% durante jornadas completas (aproximadamente unas 500 horas de medida) utilizando para ello la batería de equipos disponible en el LOM (7 dosímetros, 1 sonómetro y 1 analizador acústico). Se realizaron asimismo, otras tantas medidas con el sonómetro de duración menor a los \approx 5 minutos, más que nada para contrastar los datos obtenidos con los dosímetros.

De igual forma y para algunos puestos de trabajo o determinados entornos, se obtuvieron las curvas de frecuencia en Bandas de octava.

Todos los equipos de medida eran contrastados antes de bajar a la mina y a la salida con objeto de detectar posibles errores. La calibración se efectuaba con el pistófono calibrador marca CEL disponible a tal efecto, el cual a su vez estaba calibrado disponiendo en cada momento, de Certificado en vigor del Sistema de Calibración Industrial (SCI).

Los resultados obtenidos se reflejan a continuación.

2.1.4.1.- Minería de Carbón.

Las campañas de medida se efectuaron en los meses de Marzo y de Junio de 1990, reflejándose a continuación los resultados obtenidos, para los distintos tipos de puestos de trabajo.

2.1.4.1.1.- Picadores

En total se realizaron 22 medidas dosimétricas (durante jornadas completas de trabajo) lo que supuso un tiempo total aproximado de medición de unas 140 horas. Las medidas dosimétricas se completaron con medidas con el sonómetro integrador para contraste de resultados.

Como se observa en el cuadro I los valores obtenidos para los picadores oscilaron entre los 97 y los 106,5 dBA. El valor medio logarítmico de los resultados es de

≈ 102,5 dBA (para el denominado macizo 2) y de ≈ 104 dBA para el macizo 3-4.

En la figura 1 se expresa la gráfica de frecuencias de aparición de cada uno de los valores.

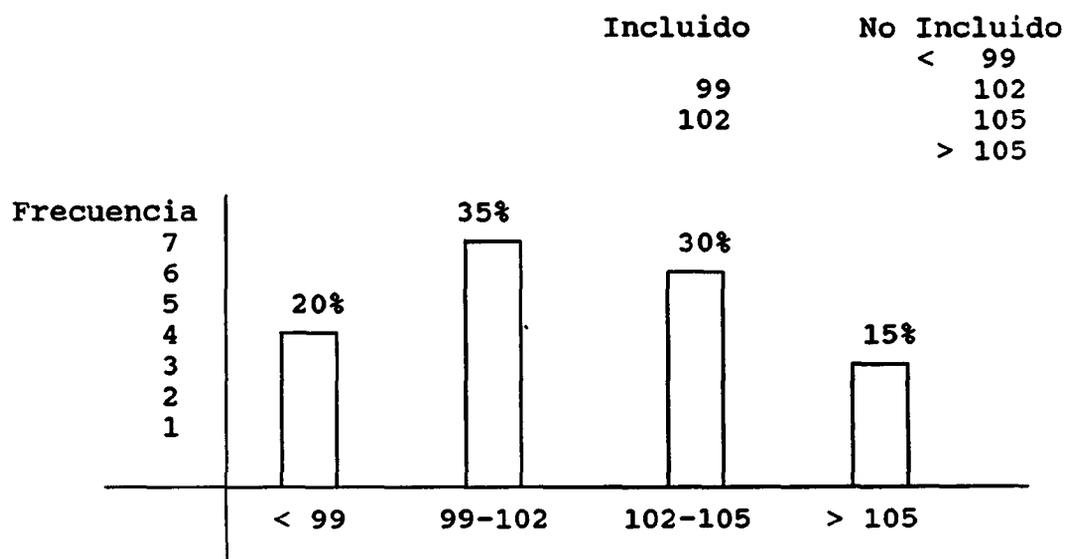


Figura 1

Como ya se expuso anteriormente el macizo llamado 3-4 se presenta como considerablemente más ruidoso, lo que puede ser debido a que los trabajadores se encuentran próximos a una turbina de 300 mm Ø.

De las 22 medidas efectuadas en Picadores dos de ellas dieron lugar a saturación en el equipo de medida, no sabemos si por "picardía" del operario, no por sobrepasarse el valor de saturación del equipo.

En lo que se refiere a valores Pico, los equipos fueron calibrados a 130 dBA (tal como se establece en el Real Decreto 1316/89) registrándose en 17 de las 20 medidas que se superaba este valor, lo que representa que en un 85% de los casos se superó el valor pico en el conjunto de la mina. No obstante, separado por macizos, en el llamado macizo 3-4 el valor pico se supera en el 100% ya que sólo en el macizo 2 éste no se superó en 3 ocasiones.

La figura 2 aclara este aspecto:

Nº de puestos en que se supera el valor pico de 130 dBA.

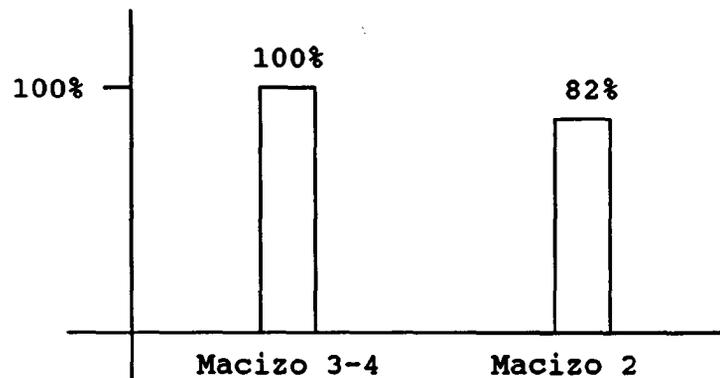


Figura 2

En lo que se refiere a la repetitibilidad de las medidas, se hizo un seguimiento a dos mismos picadores del macizo 2, durante 4 jornadas completas, obteniéndose los valores resumidos siguientes:

| DIA | PICADOR A | PICO | PICADOR B | PICO |
|-------|-----------|------|------------|------|
| 1º | 99 dBA | SI | 98 dBA | SI |
| 2º | 100 dBA | SI | 99 dBA | SI |
| 3º | 99 dBA | NO | 98,5 dBA | NO |
| 4º | 98 dBA | NO | 101 dBA | SI |
| MEDIA | ≈ 99 dBA | | ≈ 99,3 dBA | |

Se observa que la variación máxima entre días es para el caso del Picador A de 2 dBA y para el Picador B de 3 dBA. Si bien esta diferencia es bastante aceptable, no ocurre lo mismo con los valores pico ya que en el caso A se sobrepasa en un 50% de los casos y en el caso B en un 75%, con lo que no parece existir una tendencia clara.

La desviación, en ambos casos, respecto a la media de 102 dBA obtenida para el mismo macizo 2 es de 3 dBA, desviación más importante si se tiene en cuenta que se trata de valores medios. En todo caso es una diferencia aceptable.

2.1.4.1.2.- Sutiradores

En total se realizaron 13 medidas (durante jornadas completas de trabajo) lo que supuso un tiempo total aproximado de medición de unas 75 horas. Las medidas dosimétricas fueron completadas igualmente con medidas con el sonómetro.

Como se observa en el cuadro II las medidas obtenidas para los sutiradores oscilan entre los 91 y los 105 dBA, aunque el valor más bajo sólo se dio en una ocasión. El valor medio para el total de la mina fue de ≈ 101 dBA, siendo de 102 dBA para el macizo 3-4 y de 101 dBA para el macizo 2. El macizo 3-4 sigue presentándose al igual que para los picadores como más ruidoso. No obstante, los datos tomados para sutiradores en el macizo 3-4 fueron sólo dos con lo que ésta última afirmación no ha de tomarse como rigurosa si no fuera por el dato obtenido para los picadores.

En ninguno de los casos para este tipo de puesto de trabajo se registró saturación.

En lo que se refiere a valores pico se superó el valor de 130 dBA (con velocidad de respuesta mayor de 50 μ s) en 10 ocasiones, lo que representa un 77% de los casos, en el total de la mina. Por macizos, en el llamado 3-4, se superó en el 100% de los casos y en el llamado 2 en el 70% de los casos. no obstante en lo que se refiere al macizo 3-4 éstos datos no son muy significativos ya que solamente se dispone de dos medidas.

Al igual que para el caso de los picadores se hizo un seguimiento durante 4 jornadas de dos sutiradores ambos en el macizo 2, para verificar la repetitividad de las medidas diarias. Los valores obtenidos son los que se resumen a continuación:

| DIA | SUTIRADOR A | PICO | SUTIRADOR B | PICO |
|--------|-------------|------|-------------|------|
| 1º | 96 dBA | NO | 97 dBA | SI |
| 2º | 98 dBA | SI | 91 dBA | NO |
| 3º | 94 dBA | SI | 94 dBA | NO |
| 4º | 93 dBA | NO | -- --- | -- |
| MEDIDA | ≈ 96 dBA | | ≈ 95 dBA | |

La diferencia entre valores máximos y mínimos es de 5 dBA para el sutirador A y de 6 dBA para el sutirador B, diferencia relativamente importante. Esta diferencia es aún mayor frente a la media general del macizo 2 que era de 101 dBA existiendo por tanto diferencias de 5 y 6 dBA respectivamente.

En lo que se refiere a los valores pico la situación es prácticamente igual que la estudiada para los picadores.

2.1.4.1.3.- Mecánicos

En total se realizaron 7 medidas durante jornadas completas de trabajo lo que supuso un tiempo total aproximado de 50 horas de medición.

Las medidas oscilaron (ver Cuadro III) entre los 89 y los 112 dBA, aunque el valor más bajo se dio en dos ocasiones (89 y 90 dBA).

La media de las medidas es de \approx 105 dBA, no separándose en este caso por macizos ya que este tipo de trabajo es más variable en el lugar.

En el 100% de los casos se superó el valor pico de 130 dBA.

2.1.4.1.4.- Varios

En el capítulo de varios se estudió el puesto de Vagonero (4 medidas en jornada completa) y el de Vigilante (1 medida en jornada completa). Los resultados se reflejan en el Cuadro IV. Obsérvese que para el puesto de vagonero, el pico se supera en el 50% de los casos, con valores que oscilan entre los 91 y 98 dBA.

2.1.4.2.- Minería de Potasa.

En este tipo de mina se hizo especial hincapié en los minadores ya que es una de las fuentes de ruido más común e importante. Otros puestos de trabajo estudiados fueron el de palista de máquina sobre orugas, personal de mantenimiento de las cintas transportadoras, jumbo y vigilante encargado de taller.

La campaña de medidas se realizó en Octubre de 1990 con los equipos de medida disponibles ya indicados.

A continuación se reflejan y analizan los resultados obtenidos:

2.1.4.2.1.- Minadores.

Los resultados globales obtenidos (reflejados en el Cuadro V), dan un nivel medio aproximado de 93 dBA. Para cada minador se obtienen los siguientes valores

| | Alpine M-40 | Alpine M-38 | Dosco M-20 | Alpine M-39 |
|----------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Valores Medios | 89 dBA | 93 dBA | 92 dBA | 93 dBA |

En el caso del Minador Alpine M-40 unicamente se barajan 2 medidas ya que la del día 17-10-90, fue desestimada por manipulación del equipo por el operario.

Todos los minadores trabajan en Galerías de una sección similar de aproximadamente 43 m² (el Minador Dosco M-20 en una de 45 m²).

En lo que se refiere a valores pico, se superó el umbral de 130 dBA en dos ocasiones lo que representa el 18% de los casos.

Dado el reducido número de medidas no es aconsejable aventurarse a sacar conclusiones. No obstante sí que parece que sistemáticamente se rebasa el nivel de 90 dBA.

Para valorar el tipo de protección auditiva se hicieron medidas adicionales con el sonómetro con las ponderaciones A y C en las fases de "Minador arrancando" y "Minador cargando", los resultados fueron:

| | Minador Arrancado | Minador cargando |
|----------------|-------------------|------------------|
| Ponderación A | ≈ 91 dBC | ≈ 91 dBA |
| Ponderación C | ≈ 101 dBC | ≈ 97 dBC |
| Difer. (Lc-La) | ≈ 10 | ≈ 6 |

Si pretendemos atenuar el valor medio del Ruido del Minador (93 dBA) por debajo de 90 dBA podemos utilizar los siguientes tipos de protectores:

- Orejeras Clases A, C, D.
- Tapones Clase C.

Todo ello supuesto el caso de minador arrancando que es el más desfavorable.

Si pretendemos atenuar por debajo de 85 dBA (atenuación de 8 dBA) los siguientes tipos de protectores, parecen los más adecuados:

- Orejeras Clase A.
- Tapones Clase C.

NOTA: Lo expuesto anteriormente se refiere a la Banda inferior de atenuación de cada tipo de protector. Esto no quiere decir que existan protectores de otras clases que puedan servir pero que habría que estudiar individualmente.

Por último se hizo un análisis en bandas de octava para el Minador M-20, cuyos resultados fueron:

| | | | | | | | | |
|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| HZ | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| dBA | 93 | 92 | 94 | 87 | 89 | 78 | 74 | 71 |

Las medidas realizadas supusieron un total aproximado de 85 horas continuas de medición.

2.1.4.2.2.- Jumbos.

Al poder realizarse solamente 2 medidas (ver Cuadro VI) se pueden extraer pocas conclusiones. El valor medio fue de 93 dBA similar al de los Minadores, superándose el valor pico en un 50% de los casos.

2.1.4.2.3.- Varios.

En este capítulo (ver Cuadro VII) se incluyeron a Palistas, Personal de mantenimiento de cinta y un vigilante.

2.1.4.2.3.1.- Palistas.

Se realizaron 3 medidas durante jornadas completas. El valor medio fue de 96 dBA superándose en todos ellos los 90 dBA. En ningún caso se superó el valor pico de 130 dBA.

2.1.4.2.3.2.- Personal de Mantenimiento de Bandas.

Se hicieron igualmente 3 medidas durante jornadas completas. El valor medio fue de 90 dBA. El valor pico se superó en una ocasión (33% de los casos).

2.1.4.2.3.3.- Vigilantes.

Se hizo una medida durante jornada completa obteniendo un valor de 87 dBA sin superarse el valor pico de los 130 dBA.

**C U A D R O I: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Carbón.
P I C A D O R E S**

| Referencia | Macizo | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|--------|--------------|----------|-----------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|
| 3/1 | 2 | 3 | 90-03-23 | 1920 | 6 horas 35 minutos | 104 dBA | SI | |
| 4/1 | 2 | 1 | 90-03-23 | 3807 | 6 " 36 " | 106 " | SI | Se calló el micrófono al bolsillo. |
| 5/1 | 2 | 2 | 90-03-23 | 733 | 7 " 5 " | 99 " | SI | |
| 7/1 | 2 | 4 | 90-03-22 | 3083 | 6 " 38 " | 106 " | SI | |
| 8/1 | 2 | 7 | 90-03-22 | 2452 | 6 " 40 " | 104,5 " | SI | |
| 9/1 | 2 | 6 | 90-03-22 | 1805 | 6 " 36 " | 103 " | SI | |
| 13/1 | 3-4 | 2 | 90-03-21 | 9998 | 6 " 19 " | --- --- | SI | SATURACION |
| 14/1 | 3-4 | 7 | 90-03-21 | 380 | 6 " 26 " | 97 " | SI | |
| 15/1 | 3-4 | 5 | 90-03-21 | 3690 | 6 " 6 " | 106,5 " | SI | |
| 19/1 | 3-4 | 5 | 90-03-20 | 1781 | 6 " 45 " | 103 " | SI | |
| 20/1 | 3-4 | 2 | 90-03-20 | 9998 | 6 " 45 " | --- --- | SI | SATURACION |
| 21/1 | 3-4 | 7 | 90-03-20 | 1032 | 6 " 45 " | 101,5 " | SI | |
| 22/1 | 3-4 | 1 | 90-03-20 | 2397 | 6 " 45 " | 104,5 " | SI | |
| 23/1 | 3-4 | 3 | 90-03-20 | 2349 | 6 " 45 " | 104,5 " | SI | |
| 1/2 | 2 | 1 | 90-06-19 | 572 | 6 " 7 " | 99 " | SI | |
| 2/2 | 2 | 1 | 90-06-20 | 846 | 6 " 30 " | 100 " | SI | |
| 3/2 | 2 | 1 | 90-06-21 | 421 | 3 " 50 " | 99 " | NO | |
| 4/2 | 2 | 1 | 90-06-22 | 474 | 6 " 45 " | 98 " | NO | |
| 5/2 | 2 | 6 | 90-06-19 | 462 | 6 " 10 " | 98 " | SI | |
| 6/2 | 2 | 6 | 90-06-20 | 628 | 6 " 30 " | 99 " | SI | |
| 7/2 | 2 | 6 | 90-06-21 | 528 | 6 " 0 " | 98,5 " | NO | |
| 8/2 | 2 | 6 | 90-06-22 | 902 | 6 " 15 " | 101 " | SI | |

**C U A D R O II: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Carbón.
S U T I R A D O R E S**

| Referencia | Macizo | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|--------|--------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 1/1 | 2 | 6 | 90-03-23 | 3539 | 7 horas 4 minutos | 160 dBA | SI | |
| 2/1 | 2 | 5 | 90-03-23 | 3233 | 7 " 8 " | 105 " | SI | |
| 10/1 | 2 | 5 | 90-03-22 | 1292 | 7 " 0 " | 101 " | SI | |
| 11/1 | 2 | 3 | 90-03-22 | 3037 | 7 " 4 " | 105 " | SI | |
| 16/1 | 3-4 | 3 | 90-03-21 | 406 | 6 " 30 " | 97 " | SI | |
| 17/1 | 3-4 | 1 | 90-03-21 | 2112 | 6 " 26 " | 104 " | SI | |
| 9/2 | 2 | 4 | 90-06-19 | 283 | 5 " 45 " | 96 " | NO | |
| 10/2 | 2 | 4 | 90-06-20 | 448 | 6 " 15 " | 98 " | SI | |
| 11/2 | 2 | 4 | 90-06-21 | 168 | 5 " 45 " | 94 " | SI | |
| 12/2 | 2 | 4 | 90-06-22 | 160 | 6 " 30 " | 93 " | NO | |
| 20/2 | 2 | 2 | 90-06-19 | 385 | 6 " 5 " | 97 " | SI | |
| 21/2 | 2 | 2 | 90-06-20 | 99 | 6 " 15 " | 91 " | NO | |
| 22/2 | 2 | 2 | 90-06-21 | 165 | 5 " 45 " | 94 " | SI | |

C U A D R O III: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Carbón.
M E C A N I C O S

| Referencia | Macizo | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|--------|--------------|----------|-----------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 6/1 | --- | 7 | 90-03-23 | 1381 | 6 horas 57 minutos | 101,5 dBA | SI | |
| 12/1 | --- | 1 | 90-03-22 | 2136 | 6 " 52 " | 104 " | SI | |
| 18/1 | 3-4 | 4 | 90-03-21 | 852 | 6 " 28 " | 100 " | SI | |
| 24/1 | 3-4 | 6 | 90-03-20 | 169 | 7 " 8 " | 94 " | SI | |
| 17/2 | --- | 5 | 90-06-19 | 58 | 6 " 25 " | 89 " | SI | |
| 18/2 | --- | 5 | 90-06-20 | 112 | 7 " 30 " | 112 " | SI | |
| 19/2 | 2 | 5 | 90-06-22 | 853 | 7 " 30 " | 90 " | SI | |

C U A D R O IV: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Carbón.
V A R I O S

| Referencia | Puesto | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 13/2 | Vagonero | 3 | 90-06-19 | 243 | 6 horas 30 minutos | 95 dBA | NO | |
| 14/2 | Vagonero | 3 | 90-06-20 | 93 | 6 " 15 " | 91 " | NO | |
| 15/2 | Vagonero | 3 | 90-06-21 | 212 | 6 " 15 " | 95 " | SI | |
| 16/2 | Vagonero | 3 | 90-06-22 | 586 | 7 " 0 " | 98 " | SI | |
| 23/2 | Vigilan. | 2 | 90-06-22 | 853 | 5 " 0 " | 101 " | SI | |

**C U A D R O V: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Potasa.
M I N A D O R E S**

| Referencia | Tipo | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|-------------|--------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|
| 2.1.1/1 | Alpine M-40 | --- | 90-10-17 | --- | 7,4 H | -- --- | -- | Manipuló el equipo dando satura. |
| 2.1.1/2 | Alpine M-40 | --- | 90-10-18 | --- | 7,5 H | 86 dBA | NO | |
| 2.1.1/3 | Alpine M-40 | --- | 90-10-19 | --- | 7,5 H | 91 " | NO | |
| 2.1.2/1 | Alpine M-38 | --- | 90-10-17 | --- | 7,4 H | 90 " | NO | |
| 2.1.2/2 | Alpine M-38 | --- | 90-10-18 | --- | 7,5 H | 92 " | NO | |
| 2.1.2/3 | Alpine M-38 | --- | 90-10-19 | --- | 7,6 H | 95 " | NO | |
| 2.1.3/1 | Dosco M-20 | --- | 90-10-17 | --- | 7,6 H | 94 " | SI | |
| 2.1.3/2 | Dosco M-20 | --- | 90-10-18 | --- | 7,2 H | 95 " | NO | |
| 2.1.3/3 | Dosco M-20 | --- | 90-10-19 | --- | 7,5 H | 91 " | NO | |
| 2.1.4/1 | Apline M-39 | --- | 90-10-17 | --- | 7,4 H | 91 " | SI | |
| 2.1.4/2 | Alpine M-39 | --- | 90-10-18 | --- | 7,5 H | 91 " | NO | |
| 2.1.4/3 | Alpine M-39 | --- | 90-10-19 | --- | 7,7 H | 96 " | NO | |

C U A D R O VI: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Potasa.
J U M B O S

| Referencia | Tipo | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Pico (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|------|--------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|---|
| 2.3/1 | --- | --- | 90-10-18 | --- | 7,5 H | 91 dBA | SI | Manipulo el equipo dejándolo al lado del motor. |
| 2.3/2 | --- | --- | 90-10-17 | --- | 7,7 H | 94 " | NO | |

**C U A D R O VII: Resultados de la Campaña de Medidas en Minería de Potasa.
V A R I O S**

| Referencia | Operación | Nº de Equipo | Fecha | Dosis (%) | Tiempo Exposición | L _{Ep,d} | Píco (>130 dBA) | Observaciones |
|------------|---------------------|--------------|----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|---|
| 2.2/1 | Palista | --- | 90-10-18 | --- | 7,3 H | 96 dBA | NO | |
| 2.2/2 | Palista | --- | 90-10-19 | --- | 7,4 H | 94 " | NO | |
| 2.2/3 | Palista | --- | 90-10-17 | --- | 7,4 H | 97 " | NO | |
| 2.4/1 | Mantenim. Cintas | --- | 90-10-18 | --- | 7,4 H | 92 " | SI | |
| 2.4/2 | Mantenim. Cintas | --- | 90-10-19 | --- | 7,5 H | 91 " | NO | |
| 2.4/3 | Mantenim. Cintas | --- | 90-10-17 | --- | 7,3 H | 85 " | NO | |
| 2.5/1 | Vigilante | --- | 90-10-19 | --- | 7,4 H | 87 " | NO | Con movimiento por toda la mi na. |

2.1.5.- Borrador definitivo de ITC.

Una vez cubiertos los hitos marcados en 2.1.1., (Estudio de textos reglamentarios), 2.1.2., (Estudio de protectores auditivos), 2.1.3., (Primer borrador de ITC), y 2.1.4., (Campañas de medida - validación del primer borrador de ITC), se procedió a la redacción definitiva del Borrador de ITC cuyo título propuesto es "Condiciones Ambientales. Protección de los trabajadores frente al Ruido" y cuyo texto se incluye en el ANEXO I.

El borrador de ITC propuesto, puede considerarse como el desarrollo del Real Decreto 1316/89, en base a lo establecido en la disposición adicional del mismo, que dice en su cláusula primera:

"Primera: Las disposiciones de la presente norma podrán ser completadas mediante anexos que, sin introducir modificaciones en el texto reglamentario, establezcan las condiciones o especificaciones técnicas para la más adecuada aplicación de las prescripciones en aquel contenidas teniendo en cuenta especialmente la evolución del progreso técnico y la adaptación al mismo en el cumplimiento de la Norma.

Tales anexos serán aprobados por Orden a propuesta conjunta de los Ministros de Trabajo y Seguridad Social e Industria y Energía".

Hay que resaltar el último párrafo de esta disposición adicional, pues si se pretendiese la inclusión de la ITC en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera ha de ser por orden conjunta de los dos Ministerios citados.

2.1.6.- Guía práctica de iniciación al Ruido.

Ya se indicó anteriormente que la puesta en práctica de la ITC elaborada requeriría tener algunos conocimientos específicos en materia de Ruidos, a pesar de haberse elaborado un documento lo más claro y explicativo posible.

Por ello, se creyó oportuno ampliar este estudio con la elaboración de una guía (muy sencilla), dirigida principalmente al técnico encargado del estudio y valoración del problema.

Con ello no se pretende, ni mucho menos, un análisis exhaustivo del problema del Ruido, sino facilitar por un lado, la correcta aplicación de la ITC, y por otro lado, la sensibilización en la lucha contra este fenómeno derivado del "progreso" y la mecanización.

Esta Guía se incluye como ANEXO II a este trabajo.

3.- CONCLUSIONES

En la actualidad, nuestra sociedad industrial, con una clara tendencia hacia la mejora de los procesos productivos parece despreocuparse del problema del Ruido, resignándose a sus efectos como el precio a pagar por el desarrollo.

Se podrían incluir aquí multitud de anécdotas habidas en estos tres años de trabajo, muchas de ellas en la línea de considerar la sordera como algo más bien cómico, que no mata y por tanto, sin importancia. No se ha de ovidar sin embargo, el profundo "aislamiento" del mundo que les rodea a que están sometidas las personas con pérdida de oído, marcando su personalidad hacia formas incluso agresivas.

La principal conclusión a la que puede llegarse, es el total desentendimiento del problema del Ruido a casi todos los niveles, considerándolo como algo inherente al trabajo en el interior de nuestras minas.

Por otra parte, la publicación del Real Decreto 1316/89, no supuso ningún cambio especial de planteamiento continuando olvidado el problema del Ruido.

Hay quien afirma, aunque evidentemente es difícil de comprobar, que detrás de muchos accidentes laborales están problemas de Ruido, por emmascaramiento de señales acústicas que hubiesen puesto de relieve el peligro. Incluso se han cuantificado entre el 10-15% los accidentes de todo tipo, ligados o como consecuencia de problemas de Ruido.

La situación comprobada en otros países, como Alemania o Inglaterra, es radicalmente opuesta a la existente en España, dedicándose esfuerzos técnicos y económicos impresionantes cara a la reducción del ruido en equipos e instalaciones en la minería de interior.

La propuesta de ITC elaborada, siguiendo las pautas marcadas en el Real Decreto 1316/89, debiera considerarse como un documento válido, coherente con la realidad de nuestras minas, cuya aplicación ayudaría a una protección eficaz de los trabajadores, aliviando el ya de por sí duro trabajo en el interior.

Dado que la pérdida de oído es progresiva, comenzando por lo general, en bandas de frecuencia distintas a las de la palabra, existen seguro, en nuestras minas, un número importante de trabajadores clínicamente sordos cuyo volumen es hoy por hoy, difícil de cuantificar.

A pesar de que las soluciones no son sencillas el progreso consiste en encontrarles y es misión de todos los implicados la colaboración en esta tarea.

Esperemos que este trabajo pueda aportar algo de luz al inicio de la sensibilización al problema en nuestras minas.

AGRADECIMIENTOS

Durante los tres años de ejecución de este trabajo, han sido muchas las personas, empresas e instituciones que han colaborado en la ejecución de tareas incluidas en el proyecto y que han hecho posible el cumplimiento con los objetivos programados. Se agradece especialmente la aportación de:

- Las empresas HULLERA VASCO LEONESA, POTASAS DE LLOBREGAT, HUNOSA y TALLERES ZITRON, por sus aportaciones al contenido de la propuesta de ITC elaborada.
- La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid que ha dado todo su apoyo para poder llevar a buen fin las tareas de este trabajo.
- La Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros (AITEMIN).
- D. Salvador Santiago Páez, por su inestimable ayuda personal en todo momento y en especial por sus aportaciones a la propuesta de ITC elaborada.

BIBLIOGRAFIA

- Real Decreto 1316/89 de 27 de Octubre (BOE 02-11-89) relativo a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al Ruido durante el trabajo.
- Directiva Comunitaria 86/188/CEE, relativa a la protección de los trabajadores frente al Ruido.
- Código de Buena Práctica para la aplicación de la Directiva 86/188/CEE, en los trabajos subterráneos de interior. Organismo Permanente de Luxemburgo 20/12/89.
- Valoración del Ruido en minería subterránea. González Eguren, R y Suárez González, J.L., Canteras y Explotaciones. Febrero 1990.
- Noise measuring equipment and techniques used in the National Coal Board. Beeley, J.G. Mining Technology.
- Research into workplace noise-coal face and heading. Leahy, J.C. mining Technology.
- Noise characteristics of underground transport systems. Bennet, S.C. Mining Technology.
- Noise in the mining industry; its effects, measurements and control. Scheib, T. National Institute for Occupational Safety and Health.
- Noise control of diesel-powered underground mining machines. Information of Bureau of Mines.
- Noise in the mining industry. Croker, J. Clements, J.
- Acoustic noise measurements. Brüel & Kjaer. Manual.
- Noise control: Principles and practice. Brüel & Kjaer. Manual.
- El ruido. Sanz, J.M. Publicación del Ministerio de Obras Públicas.
- Inter-noise. Congreso Anual 1985. Alemania.
- Manual para el control del ruido. Harris, C.M.
- El problema de los límites de exposición a ruidos no estables y a ruidos impulsivos. Damongeot, A, Layate, R. Institut National de Recherches et de Sécurité. Francia.
- Norma ISO 4869. Acoustique-Mesureage d'Affaiblissement acoustique des protecteurs individuels contre le bruit. Methode subjective (1^{er} Edición 81-15-12).

- Convenio de la OIT de 20/06/77 en materia de protección de los trabajadores contra riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo.
- Notas técnicas de prevención NTP-17/82. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Norma ISO 7731. Signaux de danger pour les lieux de travail-Signaux auditifs de danger.
- Física del Ruido. Bernal, F. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- Anatomofisiología de la audición. Sánchez Prieto; Hermán Oteruelo. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- Instrumentación para medida y análisis del Ruido. Pérez Lacorzana, J.M. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- Aspectos técnico-legales del ruido. Normas internacionales. Las Heras Guerrero, R; Pérez Mariño, J. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- Medida y evaluación del ruido. Criterios de valoración y aplicación práctica. Pérez Mariño, J. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- Control del ruido industrial. Pérez Moreno, J.L. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- El control técnico del ruido industrial. Santiago Páez, S. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- El control técnico del ruido en un plan de control de la audición. Laborda Grima, R. Seminario sobre evaluación y control del ruido en la Industria. Oviedo, Octubre 89.
- British Coal Board. Noise. Information Handbook.
- Noise of guidance for the selection and use of hearing protectors. Headquarters technical departament. British Coal Board.
- Directiva de la Comisión 85/409/CEE, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 84/537/CEE del Consejo, referente a la aproximación de las Legislaciones de los Estados Miembros relativas al nivel de potencia acústica admisible de los trituradores de hormigón y martillos picadores de mano.

- **Directiva del Consejo 86/662/CEE, relativa a la limitación de las emisiones sonoras de las palas hidráulicas, de las palas de cables, de las topadoras frontales, de las cargadoras y de las palas cargadoras.**

- **Directiva del Consejo 79/113/CEE, referente a la aproximación de las Legislaciones de los Estados Miembros relativas a la determinación de la emisión sonora de las máquinas y materiales utilizados en las obras de la construcción.**

- **Directiva de la Comisión 8/405/CEE por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 79/113/CEE del Consejo, referente a la aproximación de las Legislaciones de los Estados Miembros relativas a la determinación de la emisión sonora de las máquinas y materiales utilizados en las obras de construcción.**

A N E X O I

**ANTEPROYECTO DE INSTRUCCION TECNICA
COMPLEMENTARIA AL REGLAMENTO GENERAL DE
NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD MINERA.**

**"CONDICIONES AMBIENTALES. PROTECCION DE
LOS TRABAJADORES FRENTE AL RUIDO"**

ANTEPROYECTO DE ITC
"CONDICIONES AMBIENTALES. PROTECCION
DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RUIDO".

INDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- DEFINICIONES
- 3.- EQUIPOS DE MEDIDA
 - 3.1.- Sonómetros.
 - 3.2.- Dosímetros Personales.
 - 3.3.- Registradores.
- 4.- METODOS DE MEDIDA
 - 4.1.- Medida de LAeq,T.
 - 4.1.1.- Método directo.
 - 4.1.2.- Método indirecto.
 - 4.2.- Medida del valor pico o cresta.
 - 4.3.- Valoración del tipo de ruido.
- 5.- CLASES DE NIVEL Y TIPOS DE RUIDO
- 6.- PRESCRIPCIONES GENERALES
 - 6.1.- Generalidades.
 - 6.2.- Memoria Anual.
 - 6.3.- Controles a realizar por las Empresas.
 - 6.4.- Periodicidad de las medidas.
 - 6.5.- Información de los trabajadores.
- 7.- CLASIFICACION DE ZONAS Y/O PUESTOS DE TRABAJO
 - 7.1.- Clasificación por puesto de trabajo
 - 7.1.1.- Generalización de Clase de Nivel y tipo de Ruido.
 - 7.2.- Clasificación por zonas.
- 8.- MEDIDAS A ADOPTAR EN FUNCION DE LA CLASIFICACION DE PUESTOS O ZONAS DE TRABAJO.
 - 8.1.- Zonas y puestos clase I, Ip y Iip.
 - 8.2.- Zonas y puestos clase II.
 - 8.3.- Zonas y puestos clase III.

9.- LUCHA CONTRA EL RUIDO

9.1.- Medidas de tipo técnico.

9.1.1.- Reducción del ruido en la propia fuente.

9.1.2.- Actuaciones en el medio.

9.2.- Medidas Organizativas.

9.3.- Utilización de equipos de protección personal.

10.- VIGILANCIA DE LA FUNCION AUDITIVA.

ANEXO I: Bandas orientativas de atenuación de protectores auditivos en función de la diferencia L_C-L_A .

ANEXO II: Bandas orientativas de atenuación de protectores auditivos en base al espectro de frecuencias en bandas de octava.

1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Esta ITC tiene por objeto establecer las medidas reglamentarias necesarias para la protección de los trabajadores frente a los efectos de una exposición a niveles elevados de Ruido, que puedan ocasionar una alteración permanente de la audición. Se presta especial atención a la reducción del ruido en la propia fuente.

Para su elaboración se han seguido las exigencias del Real Decreto 1316/89 de 27 de Octubre sobre protección de los trabajadores frente al Ruido en el trabajo, correspondiendo su desarrollo a lo establecido en la disposición adicional primera. Así mismo, se han tenido en cuenta las recomendaciones que, a efectos de aplicación en la Minería de Interior, ha establecido el "Órgano Permanente para la Seguridad y Salubridad en las Minas de Hulla y otras industrias extractivas". Será por tanto, aplicable únicamente a las labores mineras de interior.

2.- DEFINICIONES

Atenuación de un protector auditivo: Diferencia en decibelios entre el nivel mínimo de presión sonora capaz de producir sensación auditiva, sin protección, y el nivel mínimo capaz de producir sensación auditiva con el protector objeto de prueba (en condiciones normalizadas de ensayo).

Audimetría (audiograma): Estudio en el que se representan los umbrales mínimos de audición a distintas frecuencias con objeto de definir pérdidas auditivas frente a un umbral normalizado.

Belio: Unidad de una escala logarítmica decimal de potencias, que difieren en un "bel" cuando sus valores mantienen la relación 10 a 1. Entre dos potencias cualquiera la relación en "Belios" viene dada por la expresión $N = \log_{10} (P_1/P_2)$.

Decibelio: Décima parte del Belio.

Decibelio A, B, C, D (dBA; dBB; dBC; dBD): Unidades de media del nivel de ruido resultantes de utilizar respectivamente las redes de ponderación A, B, C o D.

Deficit auditivo: Para un oído defectuoso es la cantidad, en decibelios, en que el umbral de audición de un oído, difiere del umbral normalizado.

Dosímetro: Medidor de Ruido de uso personal, que indica el % de la dosis de energía sonora recibida durante una jornada de trabajo.

Enmascaramiento: Aumento en el umbral de audición para un sonido, debido a la presencia de otro sonido, llamado enmascarador.

Espectro de Frecuencias: Representación de la distribución de la energía de un ruido, en función de sus frecuencias componentes.

Nivel diario Equivalente (L_{Aeq,d}): Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

Siendo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\}$$

T = Duración diaria de la exposición personal de un trabajador al ruido en horas/día.

P₀ = Presión de referencia (umbral de audición) = 20 μPa = 2x10⁻⁵ Pa.

P_A = Presión acústica instantánea, en pascales, medida con la red de ponderación (A).

Hipoacusia: Pérdida parcial de audición debida al ruido u otras causas.

Nivel semanal equivalente (L_{Aeq,s}): Es el valor promediado, para los cinco días laborales de una semana, de los niveles diarios de exposición, calculados mediante la fórmula:

Siendo:

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1L_{Aeq,di}} \right]$$

L_{Aeq,di} = Nivel diario equivalente correspondiente al día i.

Nivel: La incorporación del término nivel a una magnitud, implica que se está considerando el logaritmo decimal del cociente del valor de esta magnitud, con respecto a otro valor de la misma, tomado como referencia.

Nivel de Exposición Generalizado (Nivel de referencia): Es el nivel de exposición asignado a un puesto de trabajo, a partir de otro de iguales características, tomado como referencia y analizado en profundidad.

Octava: Intervalo entre dos frecuencias cuya relación es dos.

Pistófono: Equipo o instrumento que cuando está adecuadamente calibrado, asegura la trazabilidad de los equipos de medida de ruido, a través de las contrastaciones periódicas realizadas. Está provisto de una cavidad que permite establecer una presión sonora conocida en su interior, que facilita la contrastación de sonómetros y dosímetros.

Protector auditivo: Elemento de protección personal utilizado para reducir el nivel de ruido que percibe el portador cuando está situado en un ambiente ruidoso. Pueden ser de tres tipos:

- **Tapón auditivo:** Protector que se utiliza inserto en el conducto auditivo externo.
- **Orejera:** Protector que consta de dos casquetes que ajustan a cada lado de la cabeza por medio de elementos almohadillados, quedando el pabellón externo de los oídos en el interior del mismo, y un sistema de sujeción por arnés.
- **Casco antiruido:** Casco protector de la cabeza, en el que se han acoplado protectores de tipo orejera. A los efectos de esta ITC, se considerará como estas.

Puesto de trabajo: Entorno de características determinadas y extrapolables donde se produce la exposición al Ruido.

Redes de Ponderación (Curvas de Ponderación): Filtros que compensan los niveles de presión recibidos directamente por el equipo de medida, en función de la frecuencia, con objeto de adaptar los valores cuantitativos a la respuesta subjetiva del oído humano medio, definida ésta, a partir de estudios estadísticos aplicados a las respuestas auditivas de un amplio colectivo. Existen cuatro tipos normalizados, denominados (A), (B), (C) y (D) (ver UNE 81.001/77).

Ruido: Sonido no deseado, molesto o inútil que, en dosis elevadas puede provocar pérdidas de audición y trastornos psicofisiológicos en el receptor.

Ruido estable: A los efectos de esta ITC, ruido que medido en respuesta lenta "S", se mantiene dentro de una banda de $\pm 2,5$ dB.

Sonómetro: Instrumento de medida del ruido destinado a las valoraciones objetivas y repetitivas de la presión sonora. Como esta se valora de forma logarítmica, puede decirse que es un medidor del nivel de presión sonora. Tiene, generalmente, una o varias redes de ponderación y otras funciones varias.

Sonómetro integrador: Sonómetro que calcula el valor cuadrático medio de la señal recibida, con arreglo a tiempos de integración determinados.

Tipo de referencia (de Ruido): Es el tipo de ruido (en lo que a su espectro de frecuencias se refiere) asignado a un puesto de trabajo, a partir de otro de características similares, tomado como referencia.

Umbral de audición: Mínima presión sonora eficaz que da origen a una sensación auditiva, en ausencia de cualquier otra señal. Se expresa en decibelios referidos a $20 \mu \text{ Pa}$.

Umbral de dolor: Nivel de presión sonora máximo que el oído puede soportar sin que aparezcan efectos de dolor.

Valor eficaz de la presión sonora (valor rms) Prms: Se define como la raíz cuadrada del valor cuadrático medio del valor instantáneo de la presión sonora. Para una onda senoidal $Prms = P_k / \sqrt{2}$. (Esta magnitud es la forma habitual de cuantificar el valor de la presión sonora).

Valor máximo instantáneo no ponderado de la Presión acústica (valor cresta o pico) L_{pk} : Valor de la presión acústica correspondiente a la máxima amplitud de la onda de presión, en un intervalo de medida.

3.- EQUIPOS DE MEDIDA

Los equipos de medida utilizados deberán ser elegidos teniendo en cuenta el ambiente riguroso del interior debido a humedad, polvo, temperatura, etc., y en otras ocasiones la posible presencia de una atmósfera explosiva. En este último caso deberán ser de tipo homologado.

Cualquiera que sea el tipo de aparato utilizado deberá disponer de indicador de sobrecarga sonora y de algún dispositivo que permita verificar el estado de las baterías.

Los equipos de medida serán, preferentemente, de tipo 2 según CEI 651 (precisión $\pm 1,0 \text{ dB}$), debiendo disponer asimismo de la función de retención del valor máximo instantáneo (valor cresta o pico). Para ello la constante de tiempo en el ascenso será inferior a $100 \mu\text{s}$.

El fabricante deberá proporcionar los datos referentes a los límites de temperatura y humedad a partir de los cuales puedan producirse daños o defectos permanentes. Igualmente proporcionará instrucciones precisas sobre las correcciones a efectuar al equipo (o a las medidas) por variaciones de estos dos parámetros y de la presión estática.

El fabricante también deberá aportar cuantos datos relativos a la influencia de otros fenómenos (como vibraciones, campos magnéticos, etc) sean necesarios para la introducción de otras posibles correcciones.

Los registradores para análisis de frecuencias en banda pueden resultar de gran utilidad, para el diagnóstico previo a la reducción del ruido en equipos, instalaciones o máquinas.

Cualquiera que sea el equipo utilizado la ley de integración deberá ser de 3 dB cada vez que se reduce el tiempo de exposición a la mitad (criterio ISO o Europeo).

Con vistas a la valoración del tipo de ruido, los equipos de medida deberán, además, disponer de cualquiera de los grupos de funciones siguientes:

- 1.- Analizador de frecuencias, preferentemente, en bandas de octava, acorde con la Norma CEI 225 "Filtros acústicos". Cuando vayan a ser utilizados en atmósferas con riesgo de explosión, deberán ser de tipo homologado.
- 2.- Redes de Ponderación (A), y (C) para determinación de Niveles de exposición en base a cada una de ellas.

El equipo o equipos de medida deberán completarse con un pistófono, para efectuar las contrastaciones a que se refiere el punto 4. Este deberá calibrarse a intervalos regulares por un laboratorio del Sistema de Calibración Industrial (SCI).

3.1.- Sonómetros.

En general se preferirán sonómetros integradores, que calculan directamente el valor cuadrático medio de la presión sonora ponderada (A). Con ellos se obtiene por lectura directa el valor $L_{Aeq,T}$ y, una vez conocido el tiempo de exposición, se determina por cálculo el valor de $L_{Aeq,d}$. Deberán ser conformes a la Norma CEI 804.

Para ruidos muy estables (que oscilen en un intervalo máximo de $\pm 2,5$ dB en respuesta lenta "S"), podrán utilizarse sonómetros simples, siempre y cuando las medidas se realicen en actividades fijas y repetitivas. A los efectos de esta ITC la medida aritmética

de las lecturas puede considerarse numéricamente igual al valor de $L_{Aeq,T}$. Para otros ruidos deberán utilizarse sonómetros integradores. Los sonómetros simples deberán ser conformes a la Norma CEI 651.

3.2.- Dosímetros personales.

Son equipos integradores, de uso personal, llevados por el operario durante toda la jornada de trabajo. Adecuadamente instalados, pueden utilizarse para la determinación de niveles de ruido de zonas o entornos, sin ser directamente llevados por una persona. Estos equipos integran la función de la presión sonora ponderada (A), durante el tiempo de medida, proporcionando por lectura el valor de la dosis de Ruido en % referido a una exposición de 90 dB(A) de $L_{Aeq,d}$.

3.3.- Registradores.

Cuando se utilicen equipos grabadores de la señal de ruido, se deberán tener en cuenta antes de analizar los datos, los errores potenciales debidos al proceso de grabación y lectura, introduciendo las correcciones especificadas por el fabricante.

La utilización de equipos registradores es aconsejable sobre todo en los procesos de estudio de ruidos de máquinas o instalaciones cara a su disminución.

4.- METODOS DE MEDIDA

Las medidas deberán ser realizadas con cualquiera de los tipos de aparatos que se citan en el punto 3, que cumplan con los requisitos allí establecidos.

Antes de la bajada al interior para efectuar las medidas, los equipos deberán contrastarse con el pistófono calibrador, debiendo realizarse los ajustes que procedan.

A la salida al exterior deberá procederse a una nueva contrastación (posterior a la anotación de lecturas para el caso de dosímetros) con el pistófono calibrador, siendo invalidadas las medidas si se detectan desviaciones fuera del intervalo ± 1 dB.

Cuando las medidas se efectúen con sonómetros, se deberá verificar su funcionamiento antes de la ejecución de las mismas.

Cuando para la realización de las medidas, sea necesaria la presencia del trabajador, el micrófono se situará preferentemente a unos 10 cm de su oído, bien apoyado en el casco, bien en el hombro. En aquellos puestos de trabajo en que ésta posición del micrófono pueda comprometer las medidas (por ejemplo por posibles golpes con hastiales, etc), o hacerlas

difíciles podrá buscarse otra ubicación sobre el trabajador, siempre que se efectúen los ajustes adecuados a fin de asegurar la no perturbación del campo de presión.

Cuando se efectúen medidas en ausencia del trabajador, el micrófono se situará aproximadamente en la posición que ocuparía su oído.

El micrófono se colocará apuntando en la misma dirección que la visual frontal del portador, o siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante.

Los parámetros mínimos que deben medirse son los siguientes:

- $L_{Aeq,T}$, para el cálculo de $L_{Aeq,d}$.
- Tiempo de exposición, cuando las medidas se realicen por el método indirecto según el punto 4.1.2.
- Tiempo de duración de la medición, cuando las medidas se realicen por el método directo según el punto 4.1.1.
- Valor pico o cresta, durante la medida, o indicación de si se ha sobrepasado el valor indicado en el CUADRO I.
- Diferencia entre niveles de exposición según redes de ponderación (C) y (A), o bien análisis de frecuencia en bandas de octava (ver punto 4.3.).

A continuación se dan las pautas a seguir para la medida de los mismos.

4.1.- Medida de $L_{Aeq,d}$

Tiene por objeto calcular un nivel de exposición durante un tiempo (T), para determinar posteriormente por cálculo el valor de $L_{Aeq,d}$.

La medida de este parámetro podrá realizarse siguiendo uno cualquiera de los siguientes métodos:

4.1.1.- Método Directo.

La aplicación de este método, implica la medida del nivel de ruido durante toda la jornada de trabajo. Conocida la duración de ésta se calcula con el valor del $L_{Aeq,T}$ medido, el valor de la exposición diaria personal $L_{Aeq,d}$.

El método implica la utilización de dosímetros personales o sonómetros integradores, siendo en general válidas para las medidas con sonómetro las velocidades de respuesta lenta "S" y rápida "F". Cuando el nivel de ruido fluctue rápidamente se utilizará la respuesta impulsiva "I".

La aplicación de este método a puestos de trabajo y tareas repetitivas y bien definidas, ofrece la ventaja de que los resultados obtenidos tienen un significado estadístico válido.

4.1.2.- Método Indirecto.

Este método permite realizar valoraciones bien para un trabajador, bien para un puesto de trabajo, calculándose a partir de ellas la exposición.

Si los análisis se refieren al trabajador se deben hacer medidas muy precisas del tiempo que éste pasa en el punto de medida para obtener su exposición diaria.

Si las medidas conciernen al puesto de trabajo, es necesario definir las zonas de ruido dentro de las cuales las personas estarían expuestas a un nivel superior al definido (ver punto 7). Se realizarán medidas en el entorno de las máquinas y en los posibles emplazamientos de los trabajadores, de los niveles de ruido y tiempos de permanencia en cada entorno, para determinar por cálculo, los valores de $L_{Aeq,T}$ y posteriormente de $L_{Aeq,d}$.

Con este método las medidas se realizan con sonómetro o dosímetro durante un tiempo tal que el Ruido sea representativo del existente en toda la jornada (normalmente entre 2 a 10 minutos). Cuando para ello se empleen sonómetros simples se tendrá en cuenta lo establecido en el punto 3.1.

Cuando haya distintos tramos de nivel de ruido durante la misma jornada, se determinarán los valores del $L_{Aeq,T}$ y del tiempo de exposición a cada uno de ellos, obteniéndose el valor resultante por cálculo mediante la fórmula:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq,Ti}}) \right]$$

en donde:

$$T_e = \sum_{i=1}^n T_i$$

T_i = Tiempo de exposición parcial a cada ciclo.
 n = Nº de ciclos distintos considerados.

El valor de $L_{Aeq,d}$, se obtiene a partir de este valor mediante la fórmula correspondiente.

4.2.- Medida del valor pico o cresta.

Cualquiera que sea el equipo utilizado, deberá memorizar el valor pico o cresta de la señal de ruido, o si se ha sobrepasado el valor indicado en el CUADRO I. Este dato se obtendrá al final de la medida del $L_{Aeq,T}$ cualquiera que sea el método aplicado.

La velocidad de respuesta del equipo para la determinación del valor pico deberá tener una constante de tiempo en el ascenso inferior a 100 μ s.

4.3.- Valoración del tipo de Ruido.

A los efectos de este ITC se entenderá por "tipo de Ruido" su caracterización de frecuencias dominantes, cara a la elección del protector auditivo más adecuado, que garantice una atenuación suficiente (ver punto 9.3).

Tal como se desarrolla en el punto 5, podrá optarse bien por una clasificación de tipo atendiendo a la diferencia de niveles de exposición medidos con las redes de ponderación (C) y (A) (que definiremos de ahora en adelante como $(L_C - L_A)$), bien por un análisis espectrográfico, preferentemente en bandas de octava.

Si se pretende determinar la diferencia $(L_C - L_A)$, cada nivel independiente se determinará mediante el método indirecto, durante un intervalo mínimo de cinco minutos. Cuando haya distintos tramos de nivel de ruido durante la misma jornada se valorará la diferencia para cada uno de ellos, tomándose como valor de tipo la menor de las obtenidas.

Si se opta por un análisis de frecuencias en bandas de octava, se preferirá la medida del nivel integrado en cada una de ellas, aunque para ruidos muy estables podrá medirse el nivel lineal central. Los tiempos de medida en cada banda no serán inferiores a 2 minutos.

5.- CLASES DE NIVEL Y TIPOS DE RUIDO.

Sin perjuicio de lo establecido en el punto 7.1.1., todos los puestos de trabajo deberán ser objeto de una evaluación con objeto de determinar si se sobrepasa alguno de los valores establecidos en el CUADRO I. Cuando sea así, se procederá a la realización de medidas precisas con el equipamiento adecuado, con objeto de clasificar cada puesto de trabajo (o zona, ver punto 7), con un código que atienda a:

- La clase de Nivel, referida al valor de $L_{Aeq,d}$ (o $L_{Aeq,s}$) y/o Valor pico L_K .
- El tipo de ruido, referente a su caracterización de frecuencias.

La determinación del tipo tiene por objeto asegurar la elección del protector auditivo más adecuado. Por ello sólo será necesario realizarla para los niveles de clases I y II, o Ip y IIp, del CUADRO I.

Los cuadros I y II establecen los criterios para realizar esta clasificación, que se hará sin tener en cuenta las atenuaciones proporcionadas por los protectores auditivos.

CUADRO I

Determinación de la clase de Nivel

| (2) $L_{Aeq,d}$ (o $L_{Aeq,s}$) | L_K (Pa) (1) | < 200 | ≥ 200 |
|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|
| ≥ 90 | | I | Ip |
| ≥ 85 | | II | IIp |
| > 80 | | III | --- |

NOTA (1): 140 dB lineales en función de 20 μ Pa. Cuando el valor máximo del nivel de presión sonora ponderado (A) medido con un sonómetro que utilizase la característica temporal I (Según CEI 651) no supere los 130 dBA se podrá admitir que el valor máximo instantáneo de la presión acústica no ponderada no supera los 200 Pa.

NOTA (2): Nivel de exposición diaria ($L_{Aeq,d}$) o semanal ($L_{Aeq,s}$) (según criterio establecido en el punto 7).

CUADRO II

Determinación del tipo de Ruido

| | T I P O | | | | | | | E |
|------------------|---------|---|---|---|---|---|----|-------------------------|
| | a | b | c | d | e | f | g | |
| $L_c - L_A$ (dB) | -2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | Análisis de frecuencias |

NOTA: Para diferencias intermedias se asignará el tipo correspondiente al valor menor del intervalo.

6.- PRESCRIPCIONES GENERALES

6.1.- Generalidades.

Considerando que el uso de equipos protectores de la función auditiva presupone que los trabajadores se coloquen en situaciones de riesgo para su seguridad o salud, estos solamente deberán utilizarse cuando aquél no pueda evitarse o limitarse suficientemente con otras medidas técnicas u organizativas o en los intervalos adecuados para la puesta en práctica de los establecido en este ITC, a juicio de la autoridad minera.

En caso de que existan riesgos múltiples, de distinta naturaleza, que requieran el uso de más de un protector, deberán ser compatibles y mantener su eficacia para cada riesgo. Asimismo deberá evaluarse periódicamente en que medida responden los equipos a las condiciones en que se van a utilizar.

Para las nuevas instalaciones, equipos o máquinas a adquirir, se deberá prestar especial atención al nivel de ruido que pueden originar en el interior, debiendo dar prioridad a los que den lugar a menores niveles, de entre los que técnicamente sean adecuados para el fin previsto.

En el diseño y concepción de nuevas máquinas e instalaciones, se procurará la reducción al mínimo posible de los niveles de ruido, en función de los avances de la técnica.

Cuando se requiera la utilización de protectores de la función auditiva, se deberá estudiar el riesgo potencial inducido por el uso de los mismos. Para operaciones especiales en puesto o zonas clases I, Ip y Iip, podrá suprimirse la obligatoriedad de uso de protectores auditivos, si con ello se agrava el riesgo global para la salud o seguridad y no fuera razonablemente posible disminuir el riesgo de otra forma. Estas acciones deberán ser puestas en conocimiento de la autoridad minera competente.

Las alarmas acústicas previstas o existentes en entornos ruidosos, deberán superar, al menos, en 15 dBA al nivel de ruido ambiente o en más de 10 dB en, al menos, una banda de octava, si se analiza su espectro. En cualquier caso la señal de alarma se emitirá en el intervalo 300-3000 Hz. Si el nivel de ruido en la zona o entorno es superior a los 110 dBA se utilizarán alarmas de tipo luminoso.

Cuando surjan dudas respecto a una medida o conjunto de ellas, por rondar alguno de los valores límite del Cuadro I, punto 5, éstas se repetirán con un equipo tipo I según Norma CEI 651, (precisión $\pm 0,7$ dB).

6.2.- Memoria anual.

Todas las empresas dedicadas a actividades en el interior sujetas al RGNBSM, en las que puedan originarse niveles de exposición al ruido peligrosos para la salud, presentarán una Memoria en la que se indicarán las medidas que se piensan adoptar para reducir el ruido, en virtud de lo establecido en esta ITC. En dicha memoria figurarán los resultados obtenidos en el año anterior y los nuevos casos de hipoacusia diagnosticados.

Esta memoria se presentará acompañando al Plan de Labores anual.

6.3.- Controles a realizar por las Empresas.

Sin perjuicio de los controles efectuados por la autoridad minera, las empresas realizarán sus propias medidas periódicas de acuerdo con lo establecido en esta ITC, para la clasificación de los puestos de trabajo y/o zonas, sin perjuicio de lo establecido en el punto 7.1.1. Los resultados de las mediciones quedarán debidamente registrados para cada puesto o zona, en fichas que permitan conocer su evolución, y que incluirán los parámetros y anotaciones necesarias para poder evaluar los resultados (equipos de medida, contrastaciones efectuadas, fecha de caducidad de calibración del pistófono, etc).

Los registros estarán a disposición permanente de la autoridad minera, médico de empresa y de los trabajadores o sus representantes.

6.4.- Periodicidad de las medidas.

Las medidas deberán ser realizadas para las clases I, Ip, IIp, con una periodicidad anual para cada puesto de trabajo o zona. No obstante cuando haya motivos para pensar que se rebasa un nivel previamente determinado, por haberse producido una modificación en las condiciones de trabajo o del entorno, serán efectuadas nuevas medidas para su reclasificación.

Estas medidas periódicas se harán constar en las fichas a que se refiere el punto anterior.

6.5.- Información de los trabajadores.

Los representantes de los trabajadores en materia de seguridad e higiene podrán participar en la realización de las medidas y en la elección de los protectores auditivos más adecuados. En este sentido recibirán cuanta información sea necesaria para la comprensión de los resultados y acciones tomadas.

Para los puestos o zonas clase I, Ip y IIp, se les informará de que es obligatorio el uso de protectores auditivos, seleccionados, atendiendo al tipo de ruido de tal forma que se asegure una protección suficiente (ver 9.3).

En los puestos o zonas clase II serán informados de los riesgos derivados para la audición de optar por no utilizar protección auditiva poniéndose ésta a su disposición.

Serán informados asimismo, de cuantas medidas se adopten para la lucha contra el ruido y sus efectos, o de otras cuestiones que, referentes al campo de aplicación de este ITC, les afecten.

7.- CLASIFICACION DE ZONAS Y/O PUESTOS DE TRABAJO

Todo entorno ruidoso deberá ser clasificado por la empresa, con el visto bueno de la autoridad minera, de acuerdo con lo indicado en el punto 5. Cuando el nivel de exposición diaria personal de un trabajador al ruido varíe considerablemente de un día a otro, podrá sustituirse éste parámetro por la media semanal de valores diarios, calculada a partir de la exposición de cada día de la semana (realizada siempre con el mismo método) mediante la fórmula correspondiente. En este caso, no se tendrán en cuenta los resultados diarios parciales de las medidas, sino sólo el valor resultante $L_{Aeq,s}$. El valor pico o cresta se medirá para cada

jornada tomándose como válido el mayor de los obtenidos en los cinco días de medida. La definición del tipo de Ruido (bien por la diferencia ($L_C - L_A$), bien por análisis de frecuencias en bandas de octava) se realizará entonces uno cualquiera de los cinco días.

La clasificación se realizará siguiendo el método, que a juicio de la empresa, resulte más adecuado de entre los siguientes:

7.1.- Clasificación por cada puesto de trabajo.

Cada puesto de trabajo será objeto de evaluación bien por el método directo bien por el indirecto, con objeto de determinar el nivel de exposición y demás parámetros para clasificarlo según lo establecido en el punto 5.

Siempre que se modifiquen las condiciones iniciales que dieron lugar a la clasificación, se procederá a una nueva evaluación.

7.1.1.- Generalización de clase de Nivel y tipo de Ruido.

A los efectos de esta ITC la clasificación de un puesto de trabajo, podrá generalizarse a otros iguales de la misma explotación. Los parámetros definidos en el punto 5 se denominarán entonces "Clase de nivel y tipo de referencia". Para ello deberán darse las siguientes circunstancias:

- Las condiciones del puesto de trabajo y su entorno deberán ser similares.
- En el puesto de trabajo (en donde se realizarán las medidas que servirán de referencia) se efectuarán un número mínimo de 10 medidas para el cálculo del $L_{Aeq,T}$, por el método directo, calculándose el Nivel acumulado mediante la fórmula:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Aeq,Ti}} \right]$$

siendo n , el número total de jornadas consideradas (siempre ≥ 10). EL valor pico (L_K) será el mayor de los obtenidos en las diez jornadas, realizándose las medidas para definir el tipo de ruido en la jornada siguiente al último día considerado, si fuera posible. Si el nivel de ruido medido, cualquiera de los "n" días, difiere en más de 10 dB(A) de la media, deberán definirse controles audiométricos específicos con mayor periodicidad que la indicada en el punto 10, tanto para el puesto considerado como para los que son objeto de generalización de los resultados, Esta periodicidad será definida por el servicio médico de la empresa.

Cada año se procederá a la realización de una nueva medida, tal como se establece en 6.4., calculándose el nivel acumulado con las anteriores, mediante la fórmula indicada más arriba, debiendo tenerse en cuenta lo indicado en el párrafo anterior, referente a desviaciones de la media.

- El puesto de trabajo elegido como base para la generalización de resultados, será siempre el mismo, excepto cuando varien las condiciones iniciales en cuyo caso, deberá procederse a definir otro de entre los que fueron objeto de generalización.
- Los puestos de trabajo clasificados por generalización de clase de nivel y tipo de referencia, deberán disponer también de la ficha a que se refiere el punto 6.3., en donde se harán constar los valores de cada parámetro debiendo especificarse que se trata de valores de referencia. Además se indicará claramente el puesto de trabajo en donde se realizaron las medidas.
- Cuando se sospeche que un puesto de trabajo clasificado de esta forma pueda diferir de los valores de referencia asignados, se procederá a su reclasificación particular mediante uno cualquiera de los métodos indicados en el punto 4.1.

7.2.- Clasificación por zonas.

Cuando se opte por este método, se delimitarán las zonas en el interior de las cuales se supera un cierto valor, (ver punto 8), realizándose las medidas por el método indirecto. En cada acceso a una zona se deberán poner paneles indicadores de la clase de nivel, de acuerdo a lo dispuesto en el Real Decreto 1403/86, de 9 de Mayo sobre señalización de seguridad en los centros y

locales de trabajo. Los trabajadores deberán ser informados del significado de cada uno de ellos.

No obstante cuando esta señalización presente dificultades prácticas de ejecución, será válido cualquier otro método que asegure la adecuada información de los trabajadores de la clase de cada labor.

Cuando se opte por esta fórmula, todo aquel trabajador que realice tareas dentro de la zona, incluso por breves intervalos de tiempo, estará obligado al uso de la protección auditiva definida para ella.

En la clasificación por zonas no podrán generalizarse valores de referencia.

8.- MEDIDAS A ADOPTAR EN FUNCION DE LA CLASIFICACION DE PUESTOS O ZONAS DE TRABAJO.

A continuación se relacionan las medidas que se deben adoptar según la clase de nivel de cada puesto o labor. Las que se refieran a reducción y lucha contra el ruido, serán aplicadas según lo expuesto en el punto 9.

8.1.- Zonas y Puestos Clases I, Ip y IIp.

En todas las zonas y puestos catalogados en estas clases, se determinarán las causas por las que se superan los valores límites, elaborándose programas específicos de lucha contra el ruido, conforme a lo establecido en el punto 9, para reducir en lo posible los niveles de exposición y/o valores pico. Estas medidas serán completadas con la de uso obligatorio de protección auditiva en tanto en cuanto, el puesto o zona permanezca en estas clases. Los protectores auditivos serán seleccionados conforme a lo establecido en el punto 9.3.

La empresa deberá informar adecuadamente a los trabajadores de la situación de estas zonas o puestos, exponiéndoles las medidas que deben adoptar cuando desarrollen tareas en las mismas.

Deberá ejercerse una vigilancia de la función auditiva conforme a lo establecido en el punto 10.

8.2.- Zonas y Puestos Clase II.

En estas labores se suministrarán a los trabajadores protectores auditivos, informándoles de los riesgos potenciales para su oído derivados de la no utilización, y de las medidas adoptadas por la empresa para reducir el ruido a los menores niveles razonablemente posibles.

8.3.- Zonas y Puestos Clase III.

Se informará a los trabajadores sobre los riesgos potenciales para su oído, aconsejando el uso de protección auditiva, medidas preventivas y resultados del control médico de su audición.

9.- LUCHA CONTRA EL RUIDO.

A continuación se indican las posibles medidas de lucha contra el ruido, que a los efectos de esta ITC serán aplicadas por el orden preferente establecido a continuación:

9.1.- Medidas de tipo técnico.

Todos los equipos, instalaciones o materiales destinados al aislamiento o atenuación del ruido, deberán estar adecuadamente mantenidos, de tal forma que su capacidad de reducción no se vea disminuida bien por el paso del tiempo, bien por causa del ambiente ruidoso del interior.

Las medidas de tipo técnico, deben apuntar a:

9.1.1.- Reducción del ruido en la propia fuente.

Una construcción poco ruidosa, permite economizar cualquier otra medida de estudio y reducción, constituyendo la solución más ventajosa.

Por ello, en los equipos, máquinas o instalaciones de nueva adquisición se procurará la elección de aquellos que sirviendo para el fin previsto, sean menos ruidosos. Se prestará especial atención en la renovación de equipos neumáticos, procurando, cuando sea posible su sustitución paulatina por equipos eléctricos o electrohidráulicos, salvo en el caso de que estén adecuadamente silenciados.

Para los equipos, instalaciones o maquinaria en servicio, en la fecha de entrada en vigor de esta ITC, se estudiará la viabilidad de ejecutar las posibles soluciones encontradas, en base a los análisis técnicos a que se refiere el punto 6.2., y otros. Si se concluye que es inviable la puesta en práctica de las posibles soluciones, se recurrirá por orden preferente a aplicar alguna de las otras medidas indicadas en los puntos siguientes. Todo esto quedará reflejado en la memoria a que se refiere el punto 6.2.

Cuando el origen del ruido no sea debido a la maquinaria, sino a la propia operación se procurará la solución mediante las actuaciones en el medio a que se refiere el punto 9.1.2.

9.1.2.- Actuaciones en el medio.

Estas medidas se encaminan a dificultar la propagación del ruido en el aire, que es el medio habitual de transporte de las ondas de presión, con objeto de reducir al mínimo posible el nivel de ruido recibido por el trabajador. Esto puede conseguirse por cualquiera de los siguientes métodos:

- Cerramiento de fuentes de ruido, con materiales apropiados para aislarlos del entorno y dificultar la propagación.
- Instalación de pantallas absorbentes en lugares con fuentes fijas de ruido, como salas de bombas, puntos de transbordo de carga en bandas transportadoras, etc. En aquellas zonas no influenciadas por la presión del terreno, puede optarse por el recubrimiento de paredes con materiales absorbentes. En todos los casos el material será no propagador de la llama, no tóxico y para minas con Grisú, deberá ser además antiestático.
- Aislamiento del personal del entorno mediante cabinas insonorizadas, debiendo asegurarse la disipación del calor en su interior (ejemplo: puestos de trabajo fijos, conductores de vehículos móviles, etc).
- Alejamiento del personal de la fuente de ruido mediante el telecomando o mando a distancia.

9.2.- **Medidas organizativas.**

Como alternativa o suplemento a las medidas de tipo técnico descritas en el punto 9.1., se pueden adoptar medidas organizativas tendentes a limitar al mínimo posible el tiempo de permanencia del personal operario en zonas o puestos de trabajo, de tal forma que no se superen los niveles de exposición correspondientes a las clases I, Ip, II y IIp, teniendo presente lo indicado en el punto 8.2. Si esto no fuera viable, se aplicará lo establecido en el punto siguiente.

9.3.- Utilización de equipos de protección personal.

A los efectos de este ITC la utilización de equipos de protección personal, será considerada siempre como una solución adicional a problemas de ruido, en tanto en cuanto se busquen, estudien y ejecuten las medidas de otro tipo a que se refieren los puntos anteriores.

En cualquier caso, se deberá instruir al personal sobre la utilización, mantenimiento, recambio, etc., de los protectores que les sean suministrados.

Debido a que el uso de orejeras durante una jornada completa puede resultar molesto en la minería de interior (calor, humedad, presión alrededor de las orejas, etc), serán preferibles a los efectos de esta ITC los tapones, que además tienen la ventaja de no dificultar la distinción de la directividad de las señales acústicas. En este caso deberá prestarse especial atención al aspecto higiénico, debiendo instruir adecuadamente al personal.

Para trabajadores que presenten pérdida auditiva, la elección del protector más adecuado, deberá realizarse con el asesoramiento del médico de la empresa.

La elección de cada protector auditivo se realizará atendiendo a su adecuación al riesgo que ha de proteger. La utilización de un protector determinado debe asegurar una atenuación tal que rebaje el nivel de exposición de los 90 dBA y/o los valores pico de los 200 Pa. Los cálculos del nivel atenuado serán efectuados a partir del "tipo de ruido" y "nivel de exposición", para cada puesto de trabajo o zona según el modelo de clasificación.

Cuando el cálculo se base en la diferencia de Niveles ($L_C - L_A$), se exigirán al fabricante que proporcione los datos de atenuación para las diferencias normalizadas en el Cuadro II del punto 5. En el ANEXO I se incluyen gráficos a título orientativo, de las atenuaciones que cabe esperar de orejeras y tapones (en función de la diferencia ($L_C - L_A$), clasificados según la Norma UNE 81.001/77.

Para puestos y zonas tipo E (análisis de frecuencias) los cálculos de atenuación se realizarán a partir del espectro definido en las medidas y el valor de atenuación en cada banda, especificado en su ficha de homologación. Al ser esos valores medios, y distribuirse en cada banda según una distribución normal, se calculará la atenuación a partir la media en cada banda, disminuida en una vez su desviación típica. En el ANEXO II se incluyen gráficos de la atenuación que cabe esperar (en función

del espectro en bandas de octava), de orejeras y tapones clasificados según UNE 81.001/77. En este caso los cálculos deberán ser archivados junto con la ficha a que se refiere el punto 6.3.

Cuando a pesar del uso de protección auditiva no se consiga una reducción por debajo de los 90 dBA, o de los 200 Pa de valor pico, se acelerará la búsqueda de soluciones técnico-organizativas, y se pondrá en conocimiento de la autoridad minera competente. En este caso se elaboran programas específicos de vigilancia de la función auditiva con periodicidad superior a la especificada en el punto 10. No obstante, a los trabajadores afectados se les proporcionarán los protectores auditivos que aseguren la mayor protección posible, pudiendo conseguirse mayores atenuaciones mediante el uso combinado de orejeras y tapones.

En todos los casos, y sea cual sea el tipo de protector utilizado deberá asegurarse su adecuado mantenimiento de tal forma que no se vea mermada su capacidad de atenuación, informando a los trabajadores usuarios de sus obligaciones al respecto.

10.- VIGILANCIA DE LA FUNCION AUDITIVA

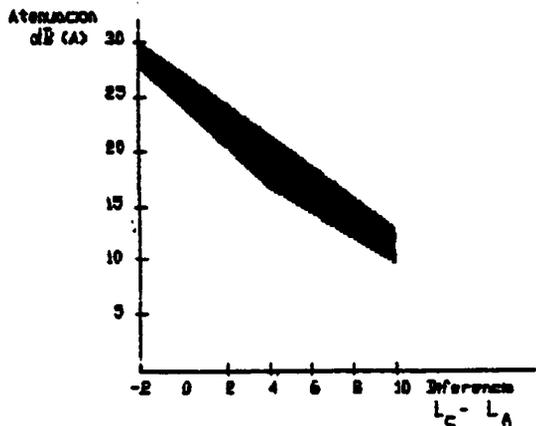
Todos los trabajadores de nuevo ingreso en una zona catalogada en las clases I, II, Ip, IIp y III, deberán ser sometidos a reconocimiento médico, antes de la exposición o, a más tardar, dentro del mes siguiente a la misma. En este caso el trabajador no deberá estar expuesto al ruido en las 16 horas anteriores al reconocimiento, con objeto de evitar errores por desplazamiento del umbral auditivo debido a fatiga acústica. El reconocimiento médico, constará al menos de:

- Otoscopia combinada con un control audimétrico, que incluirá una audimetría preliminar tonal por conducto aéreo. El control audimétrico deberá seguir las directrices de la Norma ISO 6189/1983, complementada con la frecuencia de 8000 Hz. El nivel sonoro ambiental permitirá la medición de un nivel umbral de audición de 9 dB con relación a la Norma ISO 389/1975. No obstante podrán utilizarse otros métodos si con ello se obtuvieran resultados comparables.
- El reconocimiento inicial deberá incluir una anamnesis debiendo repetirse dentro de los 12 meses siguientes la otoscopia inicial y el control audimétrico.
- Se efectuarán revisiones periódicas cada año para las clases I, Ip y IIP, cada tres años para la clase II y cada cinco años para la clase III.

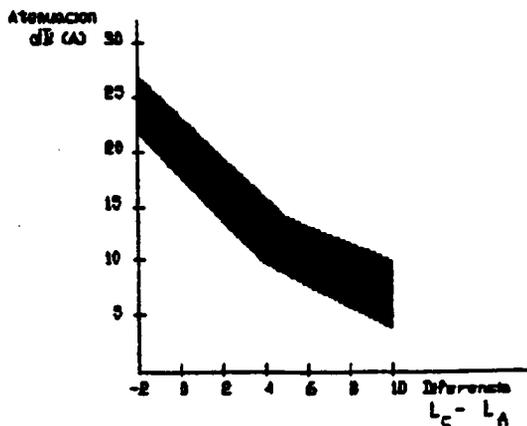
Los resultados del reconocimiento médico serán archivados convenientemente durante al menos 30 años, y estar a disposición de los trabajadores, y de la autoridad minera. Los resultados de las audiometrías, se recogerán en las fichas a que se refiere el punto 6.3.

ANEXO I

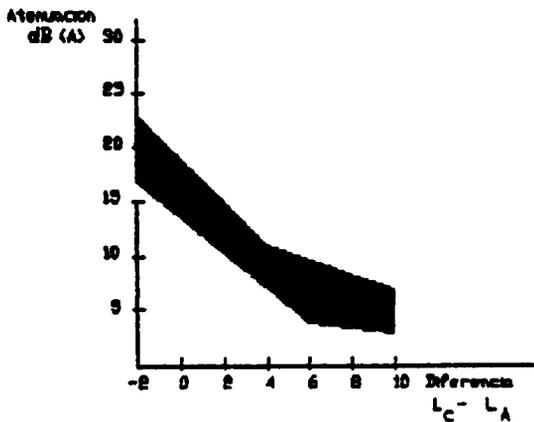
BANDAS ORIENTATIVAS DE ATENUACION DE PROTECTORES AUDITIVOS EN FUNCION DE LA DIFERENCIA $L_C - L_A$



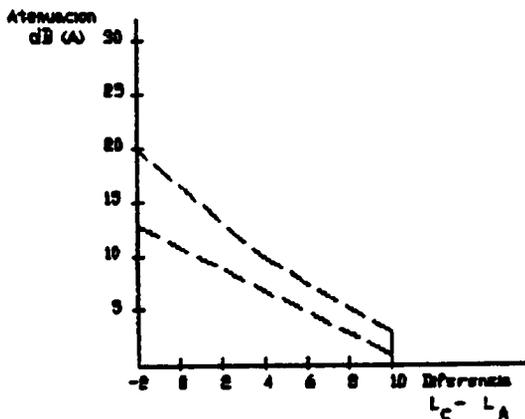
TIPO OREJERA CLASE A



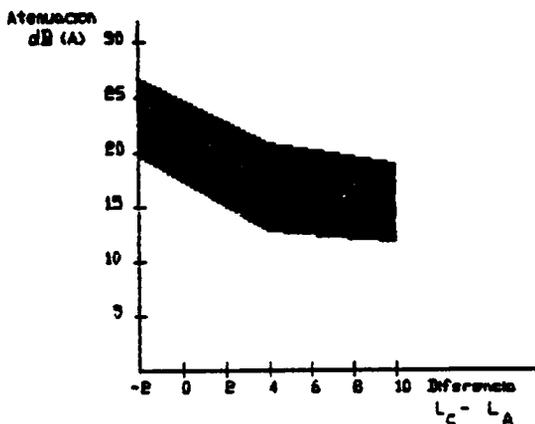
TIPO OREJERA CLASE C



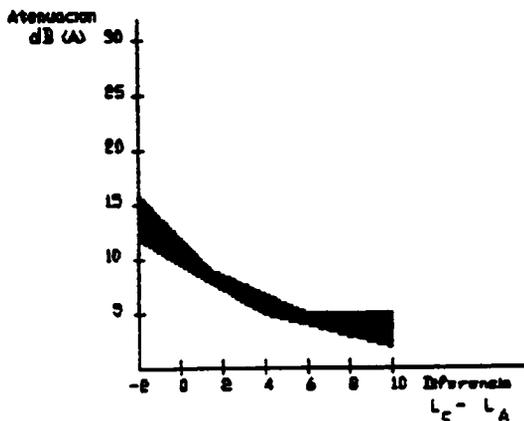
TIPO OREJERA CLASE D



TIPO OREJERA CLASE E*
*(Valores estimados)



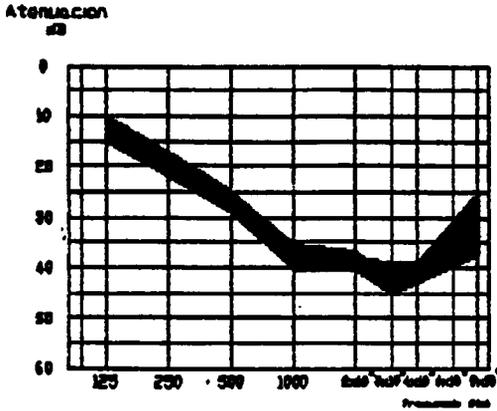
TIPO TAPON CLASE C



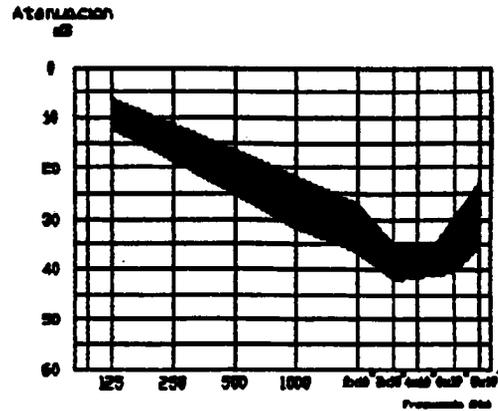
TIPO TAPON CLASE E

ANEXO II

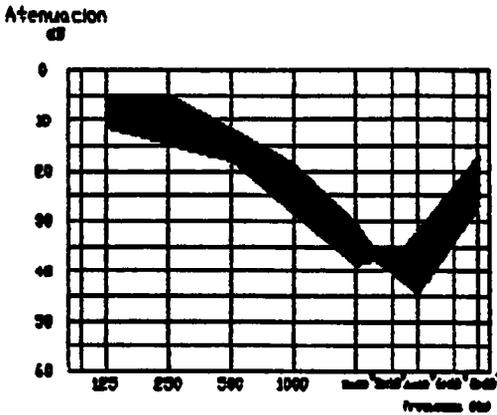
BANDAS ORIENTATIVAS DE ATENUACION DE PROTECTORES AUDITIVOS EN
BASE AL ESPECTRO DE FRECUENCIAS EN BANDAS DE OCTAVA



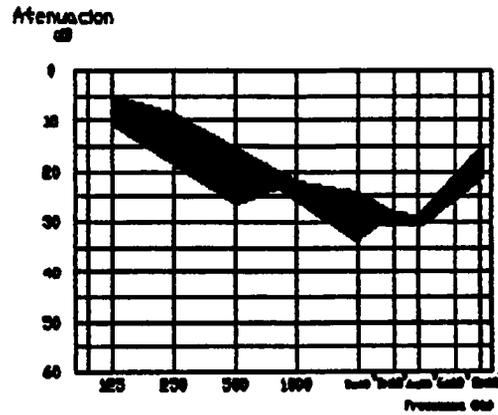
TIPO OREJERA CLASE A



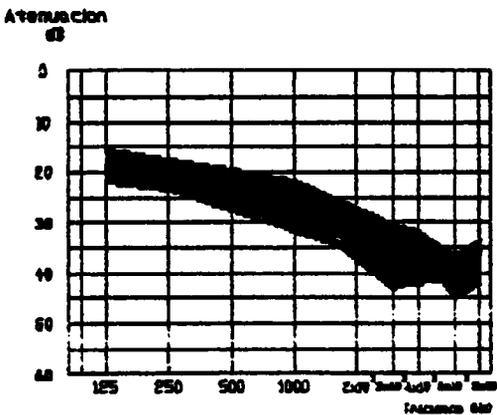
TIPO OREJERA CLASE C



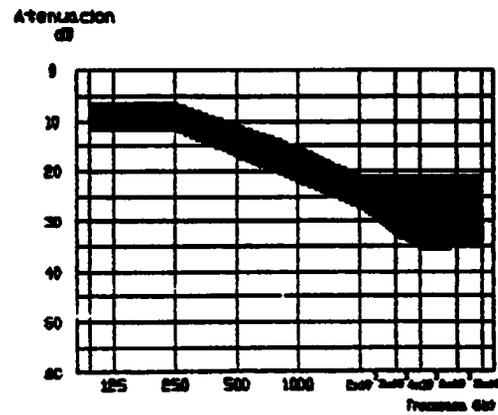
TIPO OREJERA CLASE D



TIPO OREJERA CLASE E



TIPO TAPON CLASE C



TIPO TAPON CLASE E

ANEXO II

**GUIA PRACTICA DE INICIACION AL ESTUDIO
Y VALORACION DEL RUIDO**

INTRODUCCION

Es difícil poner en práctica en la Minería de Interior, los mismos principios para medida y valoración del Ruido aplicados en la Industria en General, ya que en aquella, concurren una serie de circunstancias que obligan a tomar precauciones referidas tanto a los equipos de medida como a la valoración de los resultados. La posible presencia de atmósfera explosiva, la movilidad continua del puesto de trabajo, la valoración de tiempos de exposición, la dificultad de insonorizar equipos ruidosos, son algunos ejemplos de las circunstancias especiales que, en esta materia, concurren en la minería subterránea.

La continua mejora en los procesos productivos conseguida con la mecanización de labores y procesos, trae consigo un aumento considerable en los niveles de ruido existentes, incrementándose, entre otros, los riesgos de pérdida auditiva y de accidente.

Conscientes del problema, en la industria en general, la Comisión de las Comunidades Europeas, publica la Directiva 86/188/CEE relativa a la protección de los trabajadores frente al ruido, que obligaba a los Estados miembros a tomar las disposiciones reglamentarias necesarias para su entrada en vigor a más tardar el 1 de Enero de 1990. En el campo minero, el Organismo Permanente para la Seguridad y Salubridad en las minas, elaboró un Código de Buena Práctica para aplicación de la Directiva "Ruido" a la minería de interior. Este código de Buena Práctica mantiene los criterios y valores límite de la Directiva, aún consciente de que exigiría por parte de las empresas afectadas un esfuerzo importante.

La transcripción al Derecho Nacional de la Directiva 86/188/CEE se realiza mediante Real Decreto 1316/89 de 27 de Octubre, siendo este texto en ciertos aspectos más exigente que el Documento Comunitario.

En cualquier caso este es el marco legal único de referencia en la materia, el cual puede ser desarrollado mediante Instrucciones Técnicas que faciliten su aplicación.

ASPECTOS FÍSICOS

Podemos definir el ruido como cualquier sonido no deseado, ingrato o inútil. Esta definición es evidentemente subjetiva, no sólo porque depende de la susceptibilidad del receptor, sino también del momento y el entorno en donde se produzca. Así, lo que para una persona puede resultar un sonido agradable, para otra puede ser un sonido ingrato. Vemos pues que esta definición no es válida a efectos de prevención, pero que establece una equivalencia entre dos expresiones del mismo fenómeno físico: RUIDO Y SONIDO.

PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Se puede definir físicamente el ruido (o sonido), como la variación rápida de la presión atmosférica alrededor de su punto de equilibrio.

Si la presión atmosférica varía de forma cíclica a un régimen entre 20 y 20.000 veces por segundo en una magnitud comprendida entre 20 μPa y 20 Pa, el oído de una persona sana será excitado produciéndose la sensación de audición.

La velocidad de propagación depende de las propiedades elásticas del medio que "soporta" las variaciones de presión, las cuales en el caso de gases ideales, son función única de la temperatura absoluta, con arreglo a la relación:

$$C = 20 \sqrt{T}.$$

Siendo C: Velocidad del sonido (m/s).

T: Temperatura absoluta ($^{\circ}\text{K}$).

A la temperatura normal de 293 $^{\circ}\text{K}$, la velocidad de propagación del sonido en el aire es de 344 m/s.

La diferencia entre el valor instantáneo de la presión y su valor medio, es la presión sonora medida normalmente en Pascal (Pa) o μPa .

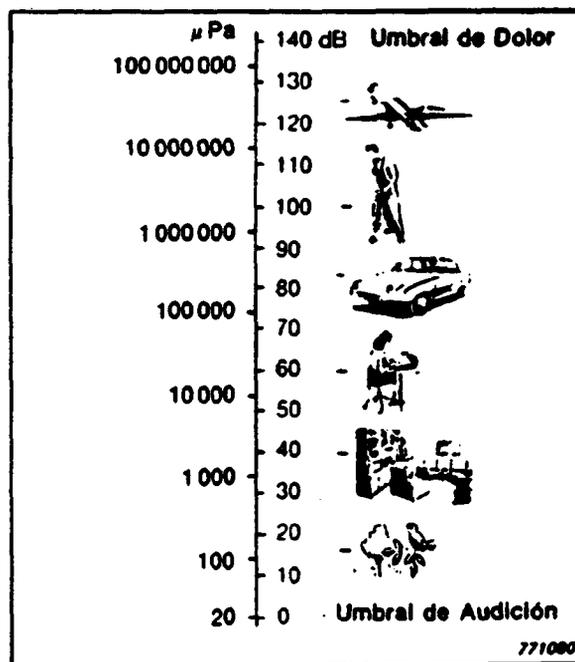


Fig. 1. Comparación de escalas de medida de ruido

EL DECIBELIO

El sonido (o el ruido) podría medirse perfectamente en unidades de presión sonora, tal como hemos visto anteriormente. No obstante ésta escala resulta un tanto incómoda a la hora de su manejo, si tenemos en cuenta que el oído humano sano percibe variaciones de presión desde $20 \mu\text{Pa}$ (umbral de audición) hasta aproximadamente 10^6 veces más, es decir, 20 Pa (umbral de dolor).

No obstante, es costumbre utilizar un sistema diferente basado en el uso de una escala logarítmica y relativa cuya unidad es el decibelio.

Por definición, el valor de una magnitud expresada en decibelios (dB) es el resultado de la siguiente expresión:

$$L (\text{dB}) = 10 \log \frac{x}{x_0}$$

siendo " x_0 " un valor arbitrario que se toma como referencia y " x " el valor real de la magnitud medida.

Para la medida de ruidos o sonidos, la expresión anterior adquiere la siguiente forma:

$$L_p = 10 \log \left[\frac{P}{P_0} \right]^2$$

En donde $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (umbral de audición) y P es el valor de la presión sonora medida.

Obsérvese que cuando el valor existente es igual al de referencia, el valor en la escala de decibelios es cero. En el otro extremo, se obtiene un valor en torno a los 120 dB a partir de los cuales la sensación auditiva es de dolor. Hemos pues comprimido al intervalo 0 - 120 dB el extenso campo en μPa .

En la Figura 1, se comparan ambas escalas.

FRECUENCIA DEL SONIDO

La frecuencia de un sonido está relacionada con el tono con que lo recibimos, distinguiendo así sonidos graves, agudos, etc. El oído humano no reacciona igual a ruidos del mismo Nivel y diferente frecuencia. Son, por ejemplo, más molestos y dañinos los sonidos agudos que los graves. Los umbrales de audición y de dolor varían igualmente según la frecuencia del sonido, refiriéndose los valores citados en 1.2 a la frecuencia de 1000 Hz.

Por ello para la medida del ruido enfocada a aspectos de salubridad del personal afectado, es necesario tener en cuenta este parámetro.

Después de numerosos estudios de tipo estadístico sobre un amplio colectivo, se determinaron una serie de curvas, compensatorias del nivel de ruido real, en función de la frecuencia, adaptadas a la respuesta del oído humano. Estas se conocen como curvas de ponderación (A), (B), (C) y (D), siendo en la actualidad utilizada únicamente (salvo algunas excepciones) la curva (A).

Las medidas en decibelios efectuadas con estas curvas de ponderación se representan indicando la curva empleada a continuación de la unidad. Así hablamos de dBA; dBB; dBC o dBD.

En la Figura 2 se representa cada una de estas curvas.

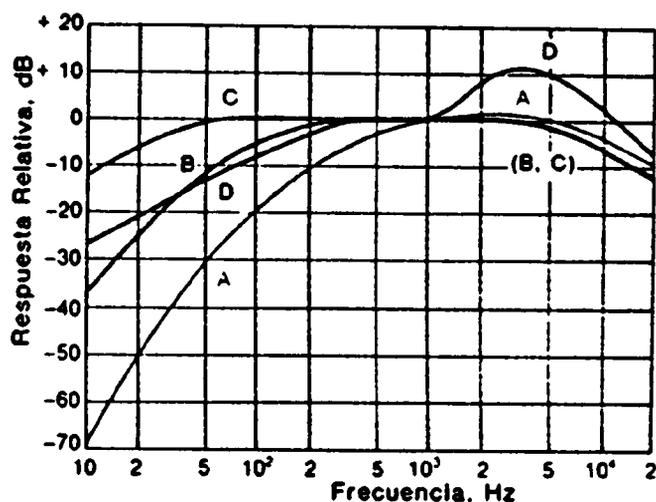


Figura 2

Curvas de Ponderación

TIEMPOS DE EXPOSICION Y EXPOSICION DIARIA

Otro problema encontrado a la hora de valorar con criterios higiénicos la exposición al Ruido, consiste en la influencia de los tiempos de exposición sobre el posible daño auditivo.

Con objeto de conjugar y normalizar niveles de exposición, se introdujo el concepto de "nivel diario equivalente", que refiere un nivel de exposición al ruido durante un tiempo cualquiera a un periodo normalizado de 8 horas con arreglo a la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} (dBA) = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T_e}{8 \text{ horas}}$$

Siendo T_e = Tiempo total de exposición.

$L_{Aeq,d}$ = Nivel de exposición diaria.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^{T_i} \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\}$$

donde: T_i = Tiempo de duración de la medida.

P_0 = Presión de referencia = 20 μ Pa

P_A = Presión acústica instantánea en μ Pa, medida con la curva de ponderación (A).

Observese que el parámetro $L_{Aeq,T}$ es la media cuadrática en el intervalo (T_i).

Cuando el nivel de exposición diario varíe considerablemente de un día a otro, debería substituirse el concepto de "Nivel diario ($L_{Aeq,d}$)", por el nivel de cada día de la semana calculado a partir de sus valores mediante la fórmula:

$$L_{Aeq,s} = 10 \log_{10} \frac{1}{5} \sum_{k=1}^n 10^{0,1 L_{Aeq,dk}}$$

LEY DE INTEGRACION

Observense a partir de la expresión dada anteriormente para $L_{Aeq,T}$ (Nivel de exposición parcial) los valores que se van obteniendo de $L_{Aeq,d}$ cada vez que se reduce el tiempo de exposición a la mitad.

| Tiempo de exposición | $L_{Aeq,T}$ (dBA) | $L_{Aeq,d}$ (dBA) |
|----------------------|-------------------|-------------------|
| 8 horas | 90 | 90 |
| 4 " | 93 | 90 |
| 2 " | 96 | 90 |
| 1 " | 99 | 90 |
| 1/2 " | 102 | 90 |
| 1/4 " | 105 | 90 |

Criterio ISO o Europeo CUADRO I

Al aumento de 3 dBA cada vez que el tiempo de exposición se reduce a la mitad, se le conoce como "ley de doblamiento o ley de integración", debiendo observarse que el nivel efectivo de exposición diaria se mantiene inalterado. Este criterio se conoce como ISO (o Europeo) siendo distinto al criterio OSHA (o Americano) cuya ley de doblamiento es de 5 dBA.

Los valores obtenidos mediante la aplicación de uno u otro criterio no son comparables entre sí. Los textos legales citados en la introducción establecen que los equipos de medida deben seguir la ley de integración según criterio ISO, por lo que otros criterios no son válidos. Es necesario prestar especial atención a este aspecto ya que tradicionalmente en España, muchos higienistas venían aplicando el criterio OSHA o americano, al utilizar equipos de medida así calibrados.

| Tiempo de exposición | $L_{Aeq,d}$ (dBA) |
|----------------------|-------------------|
| 8 horas | 90 |
| 4 " | 95 |
| 2 " | 100 |
| 1 " | 105 |
| 1/2 " | 110 |
| 1/4 " | 115 |

Criterio OSHA o Americano CUADRO II

SUMA DE NIVELES SONOROS

Se puede demostrar teóricamente que el nivel global resultante de dos Niveles, viene dado por un incremento del mayor que sólo depende de la diferencia de los niveles entre sumandos, con arreglo a la expresión:

$$L_T = L_2 + 10 \log \left(1 + \text{antilog} \frac{L_1 - L_2}{10} \right)$$

Siendo: L_T = Nivel global resultante.

L_1 = Nivel parcial (1)

L_2 = Nivel parcial (2).

Esta ecuación representada gráficamente da lugar a la curva de la Figura 3.

Así por ejemplo, para sumar los siguientes niveles parciales:

$$L_1 = 100 \text{ dBA}; L_2 = 90 \text{ dBA}; L_3 = 95 \text{ dBA}; \\ L_4 = 100 \text{ dBA}.$$

se procedería de la siguiente forma:

1ª.- Se ordenan de mayor a menor nivel.
100, 100, 95, 90.

2ª.- Diferencia entre 1ª y 2ª
100 - 100 = 0.

3ª.- Se lleva esta diferencia al abaco obteniendo para la ordenada el valor 3 dB que sumamos al 1ª, dando 103 dB.

4ª.- Operando de igual forma de mayor a menor nivel, se obtienen los valores reflejados en el siguiente cuadro:

| Diferencia Niveles | Abscisas | Ordenadas | Suma Nivel equivalente |
|--------------------|----------|-----------|------------------------|
| 100 - 100 | 0 | 3 | 103 dB |
| 103 - 95 | 8 | 0,6 | 103,6 dB |
| 103,6 - 90 | 13,6 | 0,2 | 103,8 dB |

Luego el nivel resultando de los L_1 , L_2 , L_3 y L_4 sería 103,8 dB.

Debe llamarse la atención sobre el aumento en decibelios que supone "el doble de ruido". Obsérvese que el nivel resultante de dos parciales iguales, supone sólo un incremento de 3 dB. Vemos pues la pequeña diferencia con que nos encontraremos para ruidos de nivel muy distante lo que indica la necesaria precisión que deben tener las medidas, tanto de niveles como de tiempos de exposición.

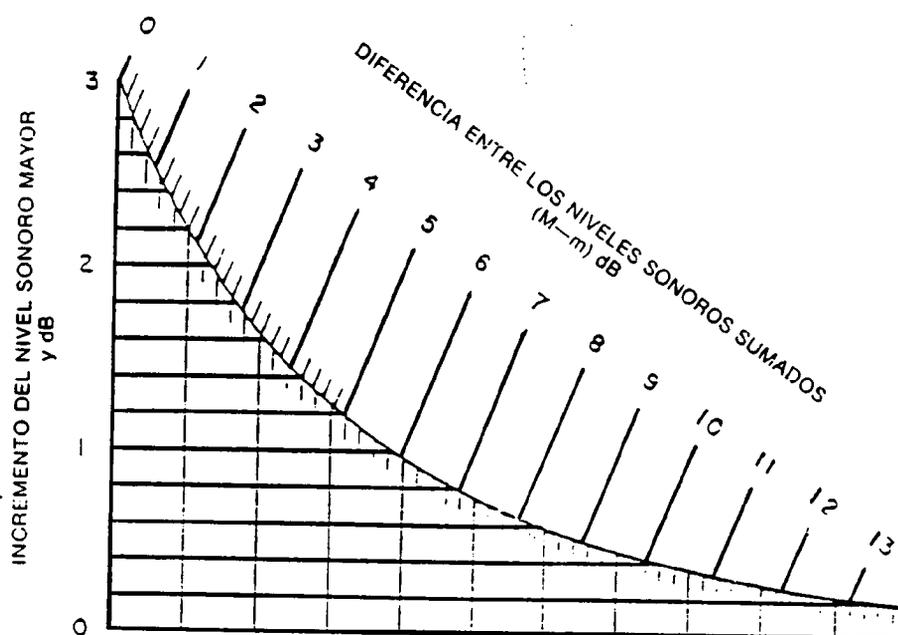


Figura 3

Suma de Niveles Sonoros.

EQUIPOS DE MEDIDA

A la hora de hacer una valoración del Nivel de Ruido existente en un puesto de trabajo desde un punto de vista de higiene laboral, hemos de utilizar correctamente la instrumentación disponible. Además de guiarnos por el Manual de instrucciones del aparato concreto a utilizar, se ha de conocer de una forma general cuales son las partes constituyentes del equipamiento, para sacar el máximo provecho posible y no dañar partes sensibles del material.

En general los equipos que se pueden utilizar para la medida del Nivel de Ruido pueden ser:

- **Sonómetro**: Instrumento de medida destinado a realizar medidas, en general puntuales, del nivel de presión sonora. Puntuales pues en general, se requiere la presencia de un operario cualificado.

Si el sonómetro calcula directamente el valor cuadrático medio de la presión sonora ponderada (A), se dice entonces que es un "sonómetro integrador", es decir, da directamente el valor de $L_{Aeq,T}$.

Por su precisión los sonómetros se clasifican en cuatro tipos:

- Tipo 0 Sonómetros patrón.
- Tipo 1 Sonómetros de precisión.
- Tipo 2 Sonómetro de uso general.
- Tipo 3 Sonómetro de inspección.

Esta clasificación se basa en las Normas del Comité Electrotécnico Internacional (CEI) 651 y 804.

DOSIMETROS PERSONALES

Son equipos integradores, de uso personal, llevados por el operario durante toda la jornada de trabajo.

Básicamente, un dosímetro consiste en un sonómetro provisto de la red de ponderación (A) y un sistema integrador cuya lectura se expresa en tanto por ciento de la dosis de ruido recibida por el portador.

Los dosímetros incorporan unos circuitos que no figuran en un sonómetro normal. Primero un bloque que registra el hecho de superar en algún momento los 140 dB de pico, para avisar de la presencia de ruidos impulsados que requieren un tratamiento higiénico diferente y segundo un detector de 80 dBA que inhibe las señales por debajo de ese valor ya que no se considera que comporten un riesgo para la audición.

El paso de la dosis de ruido en % indicada por los dosímetros, a nivel de ruido, se realiza mediante monogramas que el fabricante incorpora en las instrucciones del equipo.

ANALIZADORES DE FRECUENCIA

Un analizador de frecuencia consiste en un equipo que nos indica el nivel de Ruido existente en el centro de una banda determinada de frecuencia. Según la amplitud de dicha banda, hablamos generalmente de octavas o tercios de octava.

A los efectos de esta guía basta indicar que una vez conocida la amplitud de los componentes de un sonido complejo, en función de la frecuencia, se pueden determinar los protectores auditivos más adecuados a ese tipo de ruido.

ELECCION DE EQUIPOS

En general, dosímetros y sonómetros, se componen esencialmente de los siguientes bloques:

- Micrófono, que convierte las variaciones de presión sonora en variaciones equivalentes de señal eléctrica.
- Redes de ponderación (sonómetros) o red (A) de ponderación (dosímetros).
- Ponderación temporal para determinar la velocidad de respuesta del sonómetro o dosímetro frente a las variaciones de presión.
- Indicador analógico o digital.

A la hora de elegir el equipo de medida más adecuado, se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- En general se preferirán sonómetros de tipo integrador, que calculan directamente el valor cuadrático medio de la presión sonora ponderada (A). De esta forma se obtiene por lectura directa el valor del Nivel de presión acústica continuo equivalente ($L_{Aeq,T}$) y conocido el tiempo de exposición, por cálculo, el valor del Nivel diario equivalente ($L_{Aeq,d}$).

Para ruidos muy estables, que oscilen por ejemplo en un intervalo máximo de $\pm 2,5$ dB en respuesta lenta, podrían utilizarse dosímetros simples, siempre y cuando se realicen las medidas en actividades fijas y repetitivas.

- La utilización de equipos en minas clasificadas (con atmósfera potencialmente explosiva) requiere el uso de equipos dotados del modo de protección "Seguridad Intrínseca" debiendo estar homologados por la Dirección General de Minas y de la Construcción.
- Es necesario tener en cuenta el ambiente riguroso del interior (humedad, polvo, etc) por lo que se elegirán equipos con un grado de protección (IP) adecuado según la Norma UNE 20.324.
- La aplicación del Real Decreto sobre protección de los trabajadores frente al ruido exige la disponibilidad en los equipos de medida de indicador de sobrecarga acústica y de dispositivo verificador del estado de carga de las baterías.
- El equipo elegido deberá disponer de función de retención del valor máximo instantáneo (valor pico) o dispositivo indicador de haber sobrepasado el valor límite de 140 dB (o 130 dBA). para ello la constante de integración deberá ser inferior a 100 μ s.

- Es de vital importancia que el equipo utilizado disponga de función de integración según el criterio europeo (es decir, 3 dB cada vez que se reduce el tiempo de exposición a la mitad). Las medidas realizadas con equipos según criterio OSHA (Americano) no son de validez en Europa a efectos legales.
- Cara a la valoración higiénica del ruido es imprescindible la disponibilidad de un analizador de frecuencias o bien como alternativa la posibilidad de medida según las curvas de ponderación (A) y (C), para la aplicación del método basado en la diferencia ($L_C - L_A$).

VALORACION DEL TIPO DE RUIDO

Entendemos por tipo de Ruido, su caracterización por análisis de frecuencias, a efectos de estudiar la protección auditiva más adecuada a cada espectro sonoro. Tanto la Directiva de la CEE como el Real Decreto que la adapta al Derecho Nacional, indican que cuando sea necesario el uso de protección auditiva, ésta deberá ser adecuada al Ruido que debe de proteger. Debe tenerse presente que no todos los protectores sirven para proteger de cualquier ruido. Dicho de otra manera, se debe estudiar si el protector elegido sirve al ruido que ha de filtrar entendiéndose que es apto, cuando rebaje el nivel de exposición diaria de 90 dBA (o de 85 y 80 dBA, si esto fuera razonable y técnicamente posible).

A estos efectos se pueden seguir dos caminos. Si bien es cierto que el basado en la diferencia ($L_C - L_A$) no es absolutamente riguroso, (desde un punto de vista científico), sí que es cierto que en la práctica es muy cómodo y sencillo y de absoluta validez.

METODO BASADO EN EL ESPECTRO ACÚSTICO DE FRECUENCIAS

Consiste en estudiar las frecuencias en las que se distribuye el Ruido. Para ello se requiere un analizador de frecuencias (preferible en bandas de octava) que en caso de ser utilizado en atmósfera explosiva, deberá ser de tipo homologado. Conocida la distribución de frecuencias, el cálculo del nivel atenuado proporcionado por el protector utilizado se ejecuta restando en cada Banda:

- Corrección por escala (A), pues por lo general el análisis se hace midiendo en cada Banda decibelios lineales (dB).
- Atenuación en cada banda proporcionada por el protector, conocida a través de su ficha de homologación.

A fin de garantizar al máximo la fiabilidad en cuanto a la atenuación final se tiene que tener en cuenta la desviación típica, adoptándose como criterio general restar al valor de atenuación media del protector en cada banda, el valor correspondiente a una vez su desviación típica.

A efectos prácticos es conveniente realizar la medida en cada banda integrando los valores instantáneos, obteniéndose el valor cuadrático medio, que será más representativo del Ruido real.

METODO BASADO EN LA DIFERENCIA ($L_C - L_A$)

Un método aproximado para valoración de frecuencias dominantes consiste en calcular la diferencia entre los Niveles de Exposición medidos con las curvas de ponderación (A) y (C) ($L_C - L_A$). Este método puede ser adecuado a la minería de interior ante la complejidad y dificultad que puede representar la medida en bandas de 1/8.

J.M. Bostford, demostró que en el caso de los tipos de ruido habitualmente presentes en la industria, la diferencia entre los niveles sonoros globales medidos con escala C y A, es decir, la diferencia dBC - dBA de un ruido se correlaciona muy bien con su espectro.

Como consecuencia de lo anterior, dos ruidos cuya diferencia dBC - dBA sea igual, tendrían una forma de espectro similar y por tanto la atenuación global de un protector auditivo frente a ambos será prácticamente la misma. En la práctica estas diferencias varía entre - 2dB para ruidos muy agudos hasta +10 dB para ruidos muy graves.

Para calcular la correlación existente entre la atenuación global de un protector auditivo y el valor dBC - dBA del ruido, se trabajó sobre una muestra de 100 espectros de ruidos industriales seleccionados por el NIOSH, calculándose la atenuación del protector frente a cada tipo de ruido, y representando gráficamente los valores de la atenuación en dBA frente a los valores dBC - dBA.

A este conjunto de 100 puntos se le ajustó una parábola siguiendo el método de los mínimos cuadrados. Este proceso se efectuó con todos los protectores homologados en España hasta Noviembre de 1983 disponiendo los fabricantes de los valores obtenidos.

Este método ofrece la ventaja de que una vez conocida la diferencia dBC - dBA se puede conocer directamente la protección en dBA que ofrece un protector auditivo.

METODOS DE MEDIDA

Cualquiera que sea el método de medida aplicado, requiere cierta prudencia a la hora de valorar los resultados. Piensese que en un gran número de puestos de trabajo del interior hay una continua variación del entorno, de los tiempos de exposición al ruido, etc., lo que puede dar lugar a exposiciones muy distintas de un día a otro. En estos casos sería aconsejable recurrir a calcular la medida semanal de los valores diarios ($L_{Aeq,d}$), obteniéndose valores más representativos al menos desde un punto de vista estadístico.

Antes de efectuar una tanda de medidas, el equipo deberá ser contrastado en el exterior con el pistófono calibrador, para verificar su buen funcionamiento. Al finalizar las medidas debería procederse a una nueva contrastación, anulándolas si se detectase que el equipo está descorregido en ± 1 dB.

Las medidas deberán efectuarse a ser posible sin la presencia del trabajador, en la posición que ocuparía su oído, con objeto de no perturbar el campo de presión. Dado que en la mayoría de trabajos del interior esto sería difícil, se procurará que la presencia del operario no perturbe el campo. Para ello el micrófono se situará preferentemente a unos 10 cm del oído, sujetándolo, bien en el casco, bien sobre el hombro. Cuando esta disposición pueda comprometer las medidas (por ejemplo por posibles golpes sobre el micrófono, etc.), se buscará otra de la cual se conozcan las correcciones a introducir en las medidas, indicadas por el fabricante del equipo empleado en las medidas.

A no ser que el fabricante, indique otra disposición, el micrófono se colocará apuntando en la misma dirección que la visual frontal del portador. Deberán medirse como mínimo los siguientes parámetros:

- $L_{Aeq,T}$ para el cálculo de $L_{Aeq,d}$.
- Tiempo de exposición, cuando se aplique el método indirecto.
- Tiempo de duración de la medición, cuando las medidas se realicen por el método directo.
- Valor Pico o cresta, durante la medida.
- Diferencia entre niveles de exposición según Redes de ponderación (C) y (A), o bien análisis de frecuencia en bandas de octava (ver punto 5.3).

A continuación se dan las pautas a seguir para la medida de estos parámetros.

MEDIDA DE $L_{Aeq, T}$

Tiene por objeto calcular un nivel de exposición durante un tiempo (T_e), para determinar posteriormente por cálculo el valor de $L_{Aeq, d}$.

La medida de este parámetro puede realizarse siguiendo uno cualquiera de los siguientes métodos:

METODO DIRECTO

La aplicación de este método, implica la medida del Nivel de ruido durante toda la jornada de trabajo. Conocida la duración de ésta se calcula con el valor del $L_{Aeq,T}$ medido, el valor de la exposición diaria, personal $L_{Aeq,d}$.

El método implica la utilización de dosímetros personales o sonómetros integradores, siendo en general válidas para las medidas las velocidades de respuesta lenta "S" y rápida "F".

Cuando el nivel de Ruido fluctue rápidamente se utilizará la respuesta impulsiva "I".

La aplicación de este método a puestos de trabajo y tareas repetitivas y bien definidas, ofrece la ventaja de que los resultados obtenidos tienen un significado estadístico válido.

METODO INDIRECTO

Este método permite realizar valoraciones bien para un trabajador bien para un puesto de trabajo, calculándose a partir de ellas la exposición.

Si los análisis se refieren al trabajador se deben hacer medidas muy precisas del tiempo que este pasa en el punto de medida para obtener su exposición diaria.

Si las medidas conciernen al puesto de trabajo es necesario definir las zonas de ruido dentro de las cuales las personas estarían expuestas a un nivel superior al definido. Se realizarán medidas en el entorno de las máquinas y en los posibles emplazamientos de los trabajadores, de los niveles de ruido y tiempos de permanencia en cada entorno, para determinar por cálculo los valores de $L_{Aeq, T}$ y posteriormente de $L_{Aeq, d}$.

Con este método las medidas se realizan con sonómetro o dosímetro durante un tiempo tal que el Ruido sea representativo del existente en toda la jornada (normalmente entre 2 a 10 minutos). Cuando para ello se empleen sonómetros simples se tendrá en cuenta lo establecido en 2.1.

Cuando haya distintos tramos de nivel de ruido durante la misma jornada claramente identificados, se determinarán los valores del $L_{Aeq, T}$ y del tiempo de exposición a cada uno de ellos obteniéndose el valor resultante por cálculo mediante la fórmula:

$$L_{Aeq, T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq, Ti}})$$

en donde:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

$n = n^{\circ}$ de ciclos distintos considerados.

El valor de $L_{Aeq, d}$, se obtiene a partir de este valor mediante la fórmula indicada en 1.4.

Si se aplica este método, las medidas se realizarán con velocidad de respuesta impulsiva "I" aunque para ruidos que presenten variaciones lentas de nivel podrán utilizarse otras constantes de tiempo.

MEDIDA DE VALOR PICO O CRESTA

Cualquiera que sea el equipo utilizado, deberá de memorizar si se sobrepasa el valor pico o cresta de 140 dB (ó 130 dBA) de la señal de ruido.

La velocidad de respuesta del equipo para la determinación del valor pico deberá de tener una constante de tiempo en el ascenso inferior a 100 μ s.

LUCHA CONTRA EL RUIDO

El Real Decreto sobre protección de los trabajadores frente al Ruido establece que deberán adoptarse medidas de lucha contra el Ruido, considerando el uso de protección auditiva como medida complementaria.

Las medidas de lucha contra el Ruido, deberían ser aplicadas por el orden preferente que se establece a continuación.

MEDIDAS DE TIPO TECNICO

Estas medidas deben tender a:

Reducción del ruido en la propia fuente

Una construcción poco ruidosa, permite economizar todas las otras medidas de estudio y reducción, constituyendo la solución más ventajosa.

Por ello en los equipos, máquinas o instalaciones de nueva adquisición debiera procurarse la elección de aquellos que sirviendo para el fin previsto, sean menos ruidosos.

Para los equipos, instalaciones o maquinaria en servicio, se debería estudiar la viabilidad de ejecutar las posibles soluciones encontradas, en base a los datos obtenidos en los análisis técnicos precisos. Si se concluye la inviabilidad de puesta en práctica de las posibles soluciones se debería recurrir por orden preferente a aplicar alguna de las otras medidas indicadas en los puntos siguientes.

Cuando el origen del ruido no sea debido a la maquinaria, sino a la propia operación se procurará la solución mediante las actuaciones en el medio a que se refiere el punto 4.1.2.

Actuaciones en el medio

Estas medidas se encaminan a dificultar la propagación del ruido en el aire, que es el medio habitual de transporte de las ondas de presión, con objeto de reducir al mínimo posible el nivel de Ruido recibido por el trabajador. Esto puede conseguirse por cualquiera de los siguientes métodos:

- Cerramiento de fuentes de ruido, con materiales apropiados para aislarlos del entorno y dificultar la propagación.
- Instalación de pantallas absorbentes en lugares con fuentes fijas de Ruido, como salas de bombas, puntos de transbordo de carga en bandas transportadora, etc. En aquellas zonas no influenciadas por la presión del terreno, puede optarse por el recubrimiento de paredes con materiales absorbentes. En todos los casos el material será no propagador de la llama, no tóxico y para minas con Grisú, deberá ser además antiestático.
- Aislamiento del personal del entorno mediante cabinas insonorizadas, lo que permite además la protección frente a otros agentes potencialmente nocivos. Deberá asegurarse la disipación del calor en su interior (ejemplo: puestos de trabajo fijos, conductores de vehículos móviles, etc).

- Alejamiento del personal de la fuente de Ruido mediante el telecomando o mando a distancia.

MEDIDAS ORGANIZATIVAS

Como alternativa o suplemento a las medidas de tipo técnico descritas en 4.1., se pueden adoptar medidas organizativas tendentes a limitar al mínimo posible el tiempo de permanencia del personal operario en zonas o puestos de trabajo, de tal forma que no se superen los niveles de exposición previstos.

UTILIZACION DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

La utilización de equipos de protección personal, debería ser considerada como una solución adicional o transitoria a problemas de Ruido, en tanto en cuanto se busquen, estudien y ejecuten medidas de otro tipo.

Debido a que el uso de orejeras durante una jornada completa puede resultar molesto en la minería de interior (calor, humedad, presión alrededor de las orejas, etc) parece más adecuado el uso de tapones, que además tienen la ventaja de no dificultar la distinción de la directividad de las señales acústicas. En cualquier caso se deberá instruir al personal sobre la utilización, mantenimiento, recambio, higiene, etc.

En el caso de trabajadores que presenten pérdida auditiva, la elección del protector más adecuado debería realizarse con el asesoramiento del médico de la empresa.

EFECTOS EXTRAAUDITIVOS DEL RUIDO

Conviene dedicar unas líneas al repaso de los efectos no auditivos provocados por la exposición a elevados niveles de Ruido, ya que tradicionalmente se piensa que el único riesgo potencial de elevadas dosis es la sordera, olvidándose (o desconociendo) otros efectos no menos importantes. A continuación se repasan algunos de los efectos extraauditivos del ruido, enmarcados en el campo psicofisiológico que ayudarán al lector a valorar la potencial nocividad de este agente contaminante.

Diversos factores se pueden incluir en el grupo de influencia no acústica, pudiendo resaltarse los siguientes condicionantes:

- Dependencia de la opinión del sujeto sobre la fuente generadora. En general son mejor soportados los ruidos que el individuo considera como útiles.

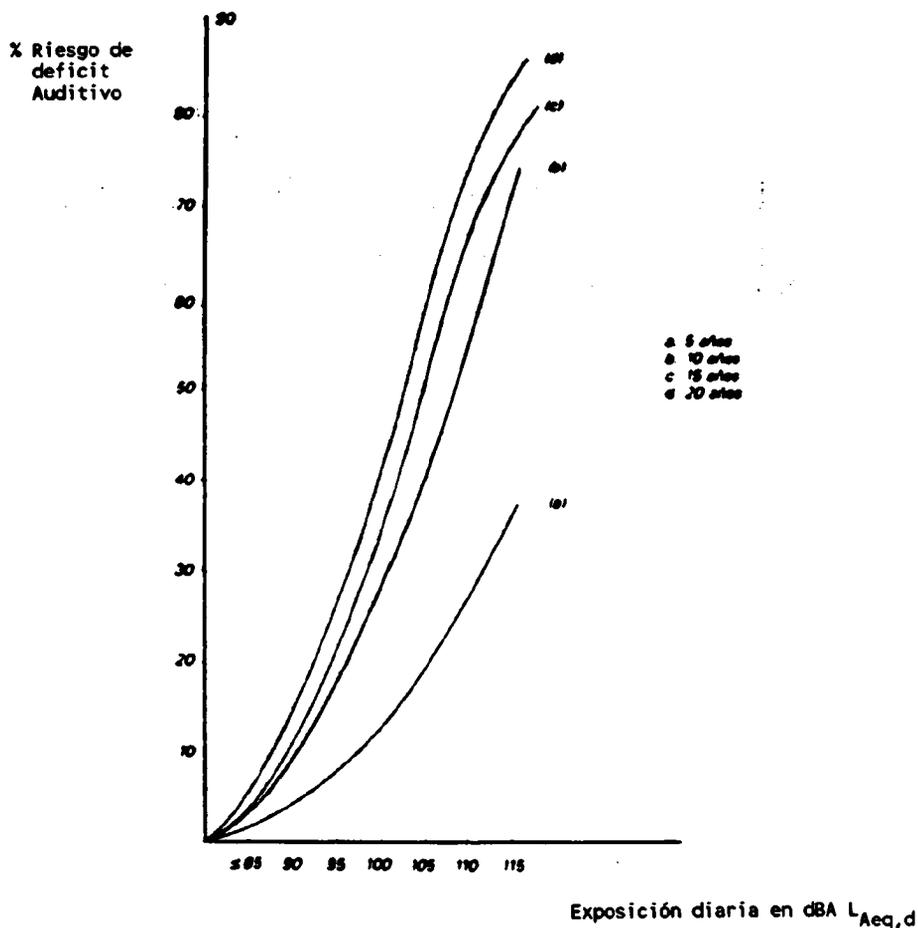


Figura 4

Curvas de Riesgo de déficit auditivo según ISO 1989

- Acceso o control a la fuente generadora. Se soportan peor los ruidos sobre los que no se tiene control directo.
- Concentración requerida en la tarea que se está ejecutando.
- Características de personalidad, estado psíquico del sujeto, etc (introversión, neuroticismo, etc).

Los efectos extraauditivos provocados según los condicionantes anteriores, pueden plasmarse en los siguientes trastornos fisiológicos:

- Desorganización visual (para ruidos mayores de 125 dB).
- Modificación del ritmo cardiaco, vasoconstricción del sistema periférico, vasoconstricciones precapilares, alteraciones en el proceso digestivo.
- Aumento de la concentración de la hormona GH, que es uno de los principales marcadores del estrés.
- Aumento de la tensión muscular y de la presión arterial, también en el pulso, en el electrocar-diograma, en el tamaño de la pupila y en el gasto cardiaco (pudiendo llegar hasta un + 10 por ciento).
- Efectos sobre el sueño, cuya mala calidad produce como efecto acumulativo, disminución del rendimiento en el trabajo, baja en el nivel de vigilancia, cansancio, etc.

Si bien es cierto que estas reacciones fisiológicas no se consideran patológicas si ocurren en ocasiones aisladas, hay que tener presente que exposiciones prolongadas pueden constituir un grave riesgo para la salud (Figura 4).