



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

**MASTER UNIVERSITARIO EN
GESTIÓN DE LA PRL, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE**

**La problemática del ruido en entornos
industriales y el análisis de la protección auditiva**

Autor:

Jové Pinto, Diego

Tutor de Empresa:

**García de la Iglesia, Ana Belén
Ibersys, Seguridad y Salud laboral**

Tutor Académico:

**Pérez Rueda, M^a Ángeles
Departamento: CMeIM/EGI/ICGF/IM/IP
Área de Ingeniería Mecánica**

Valladolid, julio 2025.

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster aborda la evaluación del riesgo por exposición al ruido en un entorno industrial mediante técnicas normalizadas de medición, análisis frecuencial y aplicación de criterios preventivos. A través de la utilización de diferentes instrumentos de clase 1, el estudio permite caracterizar con precisión la presión sonora a la que están expuestos los trabajadores de la planta evaluada y aplicar el método de bandas de octava para calcular la atenuación efectiva de los distintos protectores auditivos que utilizan. El enfoque adoptado combina el rigor técnico con la adecuación normativa, aportando conclusiones prácticas sobre la selección de equipos de protección individual, la prevención de la sobreprotección y la mejora de la gestión del riesgo acústico en el ámbito laboral.

PALABRAS CLAVE

Ruido, protectores auditivos, evaluación de riesgos, bandas de octava, higiene industrial

ABSTRACT

This Master's Thesis addresses the assessment of noise exposure risk in an industrial environment using standardized measurement techniques, frequency analysis, and the application of preventive criteria. Using various Class 1 instruments, the study accurately characterizes the sound pressure to which workers at the evaluated plant are exposed and applies the octave band method to calculate the effective attenuation of the different hearing protectors they use. The approach adopted combines technical rigor with regulatory compliance, providing practical conclusions on the selection of personal protective equipment, the prevention of overprotection, and the improvement of noise risk management in the workplace.

KEYWORDS

Noise, hearing protection, risk assessment, octave bands, industrial hygiene

AGRADECIMIENTOS

Quería expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

En primer lugar, a mi familia, pareja y amigos, que han hecho que este año, a pesar de ser duro y complicado, se haya hecho más fácil y ameno.

A los empleados de Ibersys, lugar donde realicé las prácticas que sirvieron para dar forma a este TFM, por su buena acogida y ayudarme y enseñarme en todo momento. En especial a Ana Belén García, siempre atenta y que me ha ayudado en todo momento, y a Alberto Jaráiz por dejarme acompañarle en la toma de mediciones que dio lugar a este trabajo y enseñarme a realizar el estudio.

A mi tutora de la Universidad de Valladolid M^a Ángeles Pérez, por supervisar la realización de este trabajo y por todas las sugerencias realizadas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 MOTIVO DEL TRABAJO.....	1
1.2 LUGAR DE REALIZACIÓN	1
1.3 TUTORA DE LA EMPRESA	2
1.4 TUTORA DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	2
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL:	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. MEDIOS UTILIZADOS	4
3.1 MEDIOS MATERIALES.....	4
3.2 MEDIOS HUMANOS	5
4. EL RUIDO.....	6
4.1 INTRODUCCIÓN AL RUIDO	6
4.2 ¿QUÉ ES EL RUIDO?	6
4.3 ¿POR QUÉ MOLESTA EL RUIDO?.....	6
4.4 EFECTOS SOBRE LAS PERSONAS	7
4.5 TIPOS DE RUIDO	9
4.6 ¿EL RUIDO ES UN PROBLEMA? ¿Y EN EL TRABAJO TAMBIÉN?	9
5. METODOLOGÍA EMPLEADA	10
5.1 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	10
5.2 MÉTODO DE MEDICIÓN.....	11
5.3 PARÁMETROS DE MEDIDA:.....	11
5.4 CRITERIOS DE VALORACIÓN	12
5.4.1 Valores límite:.....	12
5.4.2 Niveles de acción:.....	13
5.5 ATENUACIÓN DEL RUIDO.....	14
6. RESULTADOS.....	16
6.1 PROTECTORES AUDITIVOS 3M E-A-R CLASSIC	18
6.2 PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME II	20
6.3 PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME III	23
7. CONCLUSIONES	26
1. Confirmación de la Exposición a Niveles de Ruido Significativos y su Conformidad Normativa:	26
2. La Imperativa Relevancia del Análisis Espectral por Bandas de Octava para la Evaluación y Selección de Equipos de Protección Individual (EPIs):.....	26
3. Análisis Diferenciado de la Eficacia y Adecuación de los Protectores Auditivos Evaluados:.....	27
4. Profundas Implicaciones para la Gestión Estratégica de la Prevención de Riesgos Laborales:.....	28
8. REFERENCIAS	29
1. LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN.....	29
2. RECURSOS ELECTRÓNICOS	29
3. NORMAS UNE E INTERNACIONALES	29
4. DOCUMENTACIÓN, GUÍAS Y NOTAS DEL INSST	30
5. OTROS RECURSOS	30
ANEXOS	1

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. DOSÍMETRO.FUENTE: MANUAL DE USUARIO DEL CEL-350 DBADGE DE CASELLA.....	4
ILUSTRACIÓN 2. SONÓMETRO.FUENTE: MANUAL DE USUARIO DEL CEL 6X0 DBADGE DE CASELLA.....	5

TABLA DE TABLAS

TABLA 1. VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN SEGÚN RD 286/2006	13
TABLA 2. RESULTADOS MEDICIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO. FUENTE PROPIA.....	16
TABLA 3. RESULTADOS MEDICIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO. FUENTE PROPIA.....	16
TABLA 3. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M E-A-R CLASSIC. VALORES OBTENIDOS DE LA FICHA TÉCNICA 3M PELTOR OPTIME II, DISPONIBLE EN LOS ANEXOS	19
TABLA 4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M E-A-E CLASSIC EN LA TABLA 2	19
TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M E-A-E CLASSIC EN LA TABLA 3	20
TABLA 6. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME II. VALORES OBTENIDOS DE LA FICHA TÉCNICA 3M PELTOR OPTIME II, DISPONIBLE EN LOS ANEXOS	21
TABLA 7. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME II EN LA TABLA 2. FUENTE PROPIA	22
TABLA 8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME II EN LA TABLA 3. FUENTE PROPIA	22
TABLA 9. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME III. VALORES OBTENIDOS DE LA FICHA TÉCNICA 3M PELTOR OPTIME III DISPONIBLE EN LOS ANEXOS	24
TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME III EN LA TABLA 2. FUENTE PROPIA	24
TABLA 11. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME III EN LA TABLA 3. FUENTE PROPIA	24

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVO DEL TRABAJO

La exposición al ruido en entornos industriales constituye uno de los principales riesgos laborales reconocidos en la normativa internacional y nacional sobre seguridad y salud en el trabajo. A pesar de los avances tecnológicos y de las regulaciones establecidas, muchas industrias continúan enfrentando niveles de ruido que pueden resultar perjudiciales tanto para la salud como para el bienestar general de los trabajadores.

La motivación para centrar el Trabajo Final de Máster en el análisis del ruido en una industria surge de la necesidad de comprender con mayor profundidad los factores que inciden en la generación, propagación y control del ruido en estos entornos, y de aportar soluciones técnicas y organizativas que permitan reducir sus efectos negativos. Esta problemática no solo tiene implicaciones en la prevención de enfermedades profesionales, sino que también incide en la productividad, la concentración, la comunicación en el trabajo y la calidad del ambiente laboral.

Además, el creciente interés en promover entornos de trabajo saludables y sostenibles hace necesario adoptar herramientas de medición, evaluación y control del ruido que se ajusten a los estándares vigentes y permitan una gestión eficaz del riesgo. En este sentido, el presente trabajo pretende aplicar conocimientos adquiridos en el ámbito del máster —especialmente en higiene industrial, prevención de riesgos y análisis ambiental— a un caso práctico.

El desarrollo del trabajo permitirá integrar teoría y práctica en una cuestión de alta relevancia, aportando no solo un diagnóstico de la situación acústica en un entorno industrial concreto, sino también recomendaciones de mejora basadas en criterios técnicos, normativos y económicos. De este modo, se aspira a contribuir a la mejora de las condiciones de trabajo y al cumplimiento de los principios de la acción preventiva.

1.2 LUGAR DE REALIZACIÓN

El trabajo se realiza durante las prácticas realizadas en el Servicio de Prevención Ajeno (SPA) Ibersys Seguridad y Salud Laboral, y durante las cuales, se procedió a la medición anual de exposición al ruido de una planta de producción de una empresa local dedicada a la fundición de hierro y la fabricación de componentes metálicos para el sector de la automoción y otras industrias.

Dicha empresa, se dedica a la fundición de hierro y a la fabricación de componentes metálicos para el sector de la automoción, utilizando procesos que involucran altas temperaturas, hornos industriales, líneas automatizadas de moldeo y equipos industriales generadores de ruido de elevada intensidad. Se trata de una organización con una larga trayectoria en el sector, que mantiene un fuerte compromiso con la mejora continua, la calidad del producto y la adaptación a los estándares internacionales en gestión ambiental, salud laboral y eficiencia energética.

1.3 TUTORA DE LA EMPRESA

La encargada de la supervisión de las prácticas ha sido D^a Belén García de la Iglesia, Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales y Directora Técnica de Castilla y León en Ibersys Seguridad y Salud Laboral.

1.4 TUTORA DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Por parte de la Universidad de Valladolid la responsable asignada ha sido Dña. María Ángeles Pérez Rueda profesora del área de Ingeniería Mecánica en el departamento de CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF en la Escuela de Ingenierías Industriales.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Aprovechando el haber realizado las prácticas en un SPA con la posibilidad de visitar empresas de sectores muy variados y con características muy diferentes, me ha permitido poder elegir un tema que considero interesante por encontrarse presente en la problemática de muchas industrias.

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar y medir los niveles de ruido en todos los puestos de la planta de producción de piezas metálicas y fundición.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir los niveles de ruido en la planta para identificar las fuentes de ruido.
- Comparar los niveles de ruido obtenidos con los límites establecidos por la normativa vigente y determinar si se encuentran dentro de lo permitido.
- Analizar el impacto del ruido con los EPIs utilizados y comprobar su validez.

3. MEDIOS UTILIZADOS

3.1 MEDIOS MATERIALES

Los medios materiales con los que se ha contado para realizar las mediciones son los siguientes:

- Material de oficina.
- Calculadoras del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Guías Técnicas para la evaluación y prevención de riesgos relativos al ruido.
- Legislación, notas técnicas de prevención y documentos varios.
- Documentación propia de Ibersys.
- Equipos de medición:
 - o Dosímetro CEL 350. Número de identificación 3154216
 - o Dosímetro CEL 350. Número de identificación 3154400

<p>-El dosímetro de clase 2 CEL-350 está diseñado para la medición individual y continua de la exposición al ruido en trabajadores, conforme a la normativa vigente en prevención de riesgos laborales</p> <p>- Cumple con las normas internacionales aplicables para dosímetros personales de ruido (IEC 61252, IEC/EN 61672, ANSI S1.25, entre otras), siendo apto para mediciones conforme al RD 286/2006 y a la norma UNE-EN ISO 9612.</p> <p>- Rango de medición: 65 ... 140 dB(A).</p>	 <p><i>ILUSTRACIÓN 1. DOSÍMETRO FUENTE: MANUAL DE USUARIO DEL CEL-350 DBADGE DE CASELLA.</i></p>
--	---

- Sonómetro CEL 6X0 serie 610/620. Número de identificación 5011584

<ul style="list-style-type: none"> - El sonómetro de clase 1 cumple con los requisitos para la medición de ruido y el análisis de frecuencia. - Este sonómetro integrador de precisión e impulsos cumple con todas las normativas y disposiciones válidas (clase 1,EN/IEC 61672, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.43-1997 EN/IEC61260, etc.). - Rango: 22 ... 136 db(A). - Rango de frecuencia: 3 Hz ... 20 kHz 	 <p><i>ILUSTRACIÓN 2. SONÓMETRO.FUENTE: MANUAL DE USUARIO DEL CEL 6X0 DBADGE DE CASELLA.</i></p>
--	---

Se adjuntan calibración y verificación de ambos aparatos en los anexos

3.2 MEDIOS HUMANOS

- Mi tutora de prácticas, D^a Ana Belén García de la Iglesia
- Alberto Jaráiz, Técnico Superior en PRL al que acompañé durante las mediciones recogidas para este trabajo
- El resto de los compañeros del área técnica (Nadir Arroyo, Sandra Liliana Ortega, Alberto Sastre, Iván Velasco e Inés Ferré) con los cuales compartí espacio de trabajo y me ayudaron con diferentes cuestiones técnicas.
- Mi tutora de la UVA, María Ángeles Pérez encargada de supervisar este trabajo.

4. EL RUIDO

4.1 INTRODUCCIÓN AL RUIDO

El ruido, entendido como un fenómeno físico y psicosocial, se encuentra omnipresente en el entorno moderno y constituye uno de los agentes contaminantes más extendidos en los entornos urbanos e industriales convirtiéndose en un factor ambiental de significativa relevancia.

En el ámbito de la prevención de riesgos laborales y de la salud pública, el estudio del ruido adquiere una especial relevancia debido a sus impactos negativos sobre el bienestar, la salud y el rendimiento de las personas. Su presencia en diferentes entornos, desde espacios domésticos y de ocio hasta entornos laborales, ha motivado un creciente interés por la comprensión de sus características y por su análisis, regulación y control.

4.2 ¿QUÉ ES EL RUIDO?

Desde un punto de vista físico, el ruido se define como una vibración acústica no deseada o no intencionada que se propaga a través de un medio, generalmente el aire, en forma de ondas sonoras. Se caracteriza por su intensidad (medida en decibelios, dB), frecuencia (Hz) y duración.

Sin embargo, desde una perspectiva más amplia, el ruido también posee una dimensión subjetiva: se considera ruido a cualquier sonido que resulta perturbador o interfiere con la actividad humana, el descanso o la comunicación, independientemente de su intensidad, y que se distingue por su carácter disruptivo o su falta de propósito comunicativo o estético para el receptor.

4.3 ¿POR QUÉ MOLESTA EL RUIDO?

El ruido molesta porque interfiere de manera directa con las capacidades sensoriales, cognitivas y emocionales del ser humano. A diferencia de otros estímulos sonoros, el ruido se percibe como un elemento no deseado o incontrolable que altera el equilibrio psicológico y fisiológico de la persona.

Esta molestia, no es únicamente resultado de la intensidad del sonido, sino que depende de factores contextuales, individuales y sociales.

Desde el punto de vista psicológico, el ruido resulta molesto por su capacidad para interrumpir actividades que requieren concentración, comunicación verbal o descanso. Esto es especialmente problemático en entornos laborales o educativos, donde el rendimiento cognitivo se ve claramente perjudicado. Se ha demostrado que la

exposición a ruidos de fondo, incluso de baja intensidad, puede afectar la memoria a corto plazo, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Asimismo, la percepción del control sobre el ruido es un elemento clave en su grado de molestia. Las personas toleran mejor un sonido fuerte si pueden anticiparlo o gestionarlo, que un ruido de igual intensidad pero imprevisible e impuesto. Esta dimensión subjetiva hace que la molestia no se explique únicamente por parámetros físicos, sino también por aspectos psicosociales como la actitud hacia la fuente del ruido, la sensación de impotencia o el contexto emocional del receptor.

Por último, hay que considerar el factor de habituación. Mientras que algunos sonidos pueden llegar a integrarse en el paisaje sonoro habitual de una persona, otros generan una molestia persistente precisamente por su irregularidad, su carácter intrusivo o su connotación negativa.

En resumen, el ruido molesta no solo por su naturaleza acústica, sino por el modo en que interactúa con el entorno de las personas. Su carácter invasivo, su capacidad para generar respuestas de estrés, y su potencial para alterar funciones esenciales como la comunicación y el descanso lo convierten en una fuente significativa de malestar y desconfort.

4.4 EFECTOS SOBRE LAS PERSONAS

El ruido tiene múltiples efectos sobre la salud humana que pueden clasificarse en efectos auditivos y efectos no auditivos y que afectan tanto al bienestar físico como al psicológico y social. Su impacto depende de diversos factores, entre los que destacan la intensidad sonora (dB), la frecuencia del sonido (Hz), la duración de la exposición, y la vulnerabilidad individual (edad, estado de salud, sensibilidad al ruido, etc.).

1. Efectos auditivos

Los efectos auditivos se producen como consecuencia directa de la exposición a niveles elevados de presión sonora, y son especialmente preocupantes en entornos laborales. Entre los más relevantes se encuentran:

- Pérdida auditiva inducida por ruido: Es una forma de hipoacusia neurosensorial progresiva causada por la exposición continua a sonidos de alta intensidad. Generalmente es irreversible y comienza afectando la audición de sonidos agudos. Suele manifestarse de forma bilateral y simétrica.
- Acúfenos o tinnitus: Sensación de zumbido, pitido u otro tipo de sonido en ausencia de una fuente sonora externa. Puede ser intermitente o permanente y está frecuentemente asociado a la exposición prolongada a ruidos intensos.
- Hiperacusia: Aumento de la sensibilidad al sonido que provoca dolor o incomodidad ante ruidos que normalmente no resultan molestos. Puede ser consecuencia de daños en las vías auditivas.

En entornos laborales, estos efectos son considerados enfermedades profesionales en múltiples normativas, lo que obliga a las empresas a adoptar medidas preventivas específicas.

2. Efectos no auditivos

Además de los daños en el sistema auditivo, el ruido tiene repercusiones significativas en otras áreas de la salud y el funcionamiento humano. Entre los más destacados se incluyen:

2.1. Efectos fisiológicos

- Estrés fisiológico: El ruido activa el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal (HHS), lo que incrementa la producción de cortisol y adrenalina. Esta respuesta hormonal sostenida eleva la tensión arterial, la frecuencia cardíaca y el nivel de glucosa en sangre.
- Alteraciones cardiovasculares: Diversos estudios han vinculado la exposición crónica al ruido (especialmente al ruido ambiental nocturno) con un mayor riesgo de hipertensión, arritmias, infarto de miocardio y accidentes cerebrovasculares. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido al ruido como un factor de riesgo cardiovascular.
- Trastornos del sueño: El ruido nocturno, incluso a niveles moderados, puede provocar microdespertares, dificultad para conciliar el sueño, reducción del sueño profundo y sensación de fatiga diurna.

2.2. Efectos psicológicos y cognitivos

1. Alteración de la concentración y del rendimiento: El ruido interfiere en tareas que requieren atención sostenida, memoria de trabajo, toma de decisiones y resolución de problemas. Esto tiene implicaciones tanto en el ámbito laboral como en el educativo.
2. Aumento de la irritabilidad y la ansiedad: La exposición continua a ruido molesto puede provocar alteraciones del estado de ánimo, disminución de la tolerancia a la frustración y mayores niveles de ansiedad y hostilidad.
3. Efectos en el desarrollo infantil: En niños, el ruido ambiental elevado se ha relacionado con retrasos en el desarrollo del lenguaje, dificultades de lectura y menor rendimiento escolar.

2.3. Efectos sociales y conductuales

- Interferencia en la comunicación: El ruido dificulta la comprensión del habla, lo que puede generar frustración, aislamiento social y errores en la transmisión de información, especialmente en contextos laborales donde la comunicación es crítica para la seguridad.
- Conflictos sociales: El ruido es una de las principales causas de conflictos vecinales y quejas ciudadanas, especialmente en zonas residenciales. En el trabajo, puede generar tensiones entre compañeros o entre trabajadores y empleadores si no se gestionan adecuadamente los niveles sonoros.

4.5 TIPOS DE RUIDO

El ruido puede clasificarse según distintos criterios:

- Según su origen:
 - o Industrial: generado por maquinaria, procesos productivos o herramientas.
 - o Ambiental: proviene del tráfico, obras, actividades recreativas, etc.
 - o Doméstico: generado por electrodomésticos, vecinos, etc.
- Según su continuidad:
 - o Continuo: se mantiene de forma estable en el tiempo (p. ej., motores).
 - o Intermitente: aparece y desaparece en intervalos (p. ej., tráfico).
 - o Impulsivo: ruidos breves e intensos (p. ej., explosiones, martillazos).
- Según su frecuencia:
 - o Ruido de baja frecuencia: sonidos graves que pueden generar vibraciones molestas.
 - o Ruido de alta frecuencia: sonidos agudos que suelen percibirse como más molestos.

4.6 ¿EL RUIDO ES UN PROBLEMA? ¿Y EN EL TRABAJO TAMBIÉN?

El ruido, más allá de su naturaleza física como una vibración sonora, constituye un fenómeno complejo con profundas implicaciones sobre la salud, el bienestar y el desempeño humano. Se ha puesto de manifiesto que el ruido no es simplemente una molestia subjetiva, sino un agente contaminante con efectos auditivos y no auditivos. Su presencia, constante o intermitente, interfiere en funciones tan esenciales como la comunicación, el descanso, la concentración y la estabilidad emocional.

Las razones por las que el ruido resulta molesto se relacionan no solo con su intensidad o frecuencia, sino también con factores psicosociales como la percepción de control, la previsibilidad o el contexto en el que se produce. Estas variables explican por qué incluso sonidos moderados pueden generar altos niveles de estrés y desconfort si se perciben como intrusivos o inevitables.

En cuanto a los efectos sobre la salud, se ha demostrado que el ruido puede provocar desde pérdidas auditivas irreversibles hasta alteraciones del sueño, trastornos cardiovasculares, estrés crónico y deterioro cognitivo. Asimismo, el ruido incide en el ámbito social y laboral, afectando la calidad de las relaciones interpersonales, el clima organizacional y la productividad.

Por todo ello, resulta evidente que el ruido representa un problema que debe ser abordado desde una perspectiva preventiva e interdisciplinaria. En conclusión, comprender la naturaleza del ruido y sus múltiples impactos es el primer paso para establecer estrategias efectivas de control y mejora en los entornos de trabajo.

5. METODOLOGÍA EMPLEADA

A continuación, se detallada la metodología aplicada para la elaboración del informe y la documentación utilizada de apoyo.

5.1 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Las mediciones se efectuaron en los puestos de trabajo que se encontraban operativos en la empresa durante el periodo de toma de datos. Los resultados obtenidos se consignan en las tablas que se presentan a más adelante.

La selección de los puntos de muestreo se realizó conforme a los criterios establecidos en la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales que regula la exposición de los trabajadores al ruido. Esta selección tiene como objetivo garantizar la representatividad de los datos y muestras obtenidos respecto a las condiciones reales de exposición sonora a las que se encuentran expuestos los trabajadores durante su jornada habitual.

Las mediciones se efectuaron en aquellos puestos de trabajo que se encontraban en funcionamiento durante el periodo establecido para la toma de datos, asegurando que los resultados reflejaran condiciones de actividad ordinarias.

Para cada punto de muestreo se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Proximidad a fuentes de ruido relevantes
- Permanencia del trabajador en el puesto
- Duración y frecuencia de la exposición

Asimismo, se respetaron los procedimientos técnicos recomendados por la norma UNE-EN ISO 9612:2009 (*Determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo. Método de evaluación de la exposición diaria al ruido*) y se utilizaron instrumentos calibrados de clase 1, en cumplimiento de los requisitos de precisión establecidos por la norma UNE-EN 61672-1.

Los resultados de las mediciones obtenidos tras aplicar los métodos de integración sonora adecuados han sido organizados y consignados en las tablas que se presentan más adelante y que recogen todos los datos obtenidos de cada puesto durante la medición.

5.2 MÉTODO DE MEDICIÓN

Las mediciones se realizaron de acuerdo con lo especificado en el Anexo II R.D. 286/2006:

- Los equipos utilizados se verificaron mediante calibrador acústico.
- Las mediciones se realizaron en ausencia de los trabajadores afectados, siempre que esto fue posible, situándose el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador era necesaria, se colocó frente a su oído a unos 10 cm. de distancia y evitando perturbaciones
- La duración de las mediciones se tuvo en cuenta en función de la tarea o trabajo a realizar en cada puesto, buscando obtener siempre la muestra más representativa

5.3 PARÁMETROS DE MEDIDA:

Los valores a determinar fueron los siguientes:

- Nivel de exposición diario equivalente (**L_{Aeq,d}**) es el nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

$$(Ec\ 1) \quad L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \frac{T}{8}$$

Donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se consideran todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos. Si el ruido es estable, el ruido medido corresponderá al ruido diario equivalente.

- Nivel de pico (**LCPK**) Es el nivel, en decibelios, dado por la expresión:

$$(Ec\ 2) \quad L_{pico} = 10 \lg \left\{ \frac{P_{pico}}{P_0} \right\}^2$$

Donde P_{pico} es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C y P₀ es la presión de referencia (2·10⁻⁵ pascales)

- LAfmax: Nivel máximo sonoro máximo de presión sonora ponderado en A.
- Lzeq: Nivel continuo equivalente ponderado en Z
- Lceq: Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado en C
- Bandas de octava: son divisiones del espectro de frecuencias sonoras en segmentos en los que la frecuencia superior es el doble que la inferior. Esta división está basada en la percepción auditiva humana, ya que el oído responde de forma logarítmica a los cambios de frecuencia. Estas bandas, permiten un análisis simplificado pero efectivo del contenido espectral de un sonido, agrupando los componentes frecuenciales en rangos significativos.

El análisis mediante bandas de octava constituye una herramienta fundamental en la evaluación del ruido en entornos laborales ya que permite identificar la distribución de la energía sonora en distintos rangos frecuenciales, facilitando la detección de componentes dominantes y la adecuada selección de medidas preventivas. Este enfoque está respaldado por diversas publicaciones técnicas del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), como la NTP 947, donde se recomienda el uso de análisis por bandas de frecuencia —en especial bandas de octava y tercio de octava— para una caracterización más precisa del ruido, especialmente en contextos donde existen fuentes sonoras con espectros complejos o donde se requiere seleccionar protectores auditivos adecuados (INSST, 2012). Asimismo, la NTP 275 establece criterios para la elección de protectores auditivos basados en la comparación entre los niveles de presión sonora en cada banda de octava y la atenuación ofrecida por los equipos de protección individual (INSST, 1990). En línea con lo anterior, la Guía Técnica del RD 286/2006 también destaca la utilidad del análisis frecuencial para evaluar de forma detallada la exposición al ruido y para adoptar medidas correctoras eficaces (INSST, 2008).

5.4 CRITERIOS DE VALORACIÓN

5.4.1 Valores límite:

Según el RD 286/2006, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- A. Valores límite de exposición: $LAeq,d = 87 \text{ dB(A)}$ y $Lpico = 140 \text{ dB (C)}$
- B. Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $LAeq,d = 85 \text{ dB(A)}$ y $Lpico = 137 \text{ dB (C)}$, respectivamente;
- C. Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $LAeq,d = 80 \text{ dB(A)}$ y $Lpico = 135 \text{ dB (C)}$, respectivamente.

La valoración y límites de referencia se observará lo estipulado en REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Se siguen los siguientes parámetros para la valoración de la exposición a ruido:

Nivel 0: (LA eq,d < 80 dB(A))	Trivial	NIVEL 0
Nivel 1: (80 dB(A) ≤ LA eq,d < 85 dB(A)) ó (135 dB(C) ≤ Lpico 137< dB(C))	Moderado	NIVEL 1
Nivel 2: (85 dB(A) ≤ LA eq,d < 87 dB(A)) ó (Lpico ≥ 137 dB(C))	Considerable	NIVEL 2
Nivel 3: Valores límites de exposición (LA eq,d ≥ 87 dB(A) ó (Lpico ≥ 140 dB(C))	Importante	NIVEL 3

TABLA 1. VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN SEGÚN RD 286/2006

5.4.2 Niveles de acción:

Valores límites de exposición:

Nivel diario equivalente superiores a 87dB(A) y Lpico = 140dB(C)

- Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
- Determinar las razones de la sobreexposición,
- Corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- Informar a los delegados de prevención de tales circunstancias

Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

Nivel diario equivalente superiores a 85dB(A) y Lpico = 137dB(C)

- Establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y/o de organización, que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido.

- Informar y formar a los trabajadores sobre los niveles de ruido, las medidas preventivas a adoptar, utilización de protectores auditivos y el resultado del control médico de su audición.
- Los lugares de trabajo serán objeto de una señalización apropiada de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a ellos.
- Realizar un control médico inicial de la función auditiva de los trabajadores y posteriores controles periódicos, como mínimo cada 3 años.
- Repetir las mediciones cada año.
- Proporcionar protectores auditivos a los trabajadores expuestos

Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

Nivel diario equivalente superior a 80dB(A) o nivel de pico superior a 135 dB(C)

- Informar y formar a los trabajadores sobre el nivel y naturaleza del ruido, las medidas preventivas a adoptar, utilización de protectores auditivos y el resultado del control médico de su audición.
- Poner a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales
- Realizar un control médico inicial de la función auditiva de los trabajadores y posteriores controles periódicos, como mínimo cada 5 años.
- Repetir las mediciones cada tres años.

5.5 ATENUACIÓN DEL RUIDO.

Para la atenuación, se aplicará el método de bandas de octava para la evaluación de la exposición real al ruido al tratarse del método más fiable. Al aplicar los valores límite de exposición para la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que proporcionan los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Sin embargo, para la comparación con los valores de exposición que dan lugar a una acción, no se considerarán los efectos atenuadores de dichos protectores.

La atenuación del nivel de ruido diario equivalente ponderado A (LAeqD) se calculará cuando este sea igual o superior a 80 dB(A), y la atenuación del nivel de presión sonora de pico ponderado C (LCpico) se determinará cuando este sea igual o superior a 135 dB(C).

Para el cálculo de la atenuación del LAeqD, se utilizará el método basado en bandas de octava, dada su mayor precisión, especialmente en entornos donde predominan determinadas frecuencias. Se trabajará con los niveles de presión sonora medidos por banda de octava (de 63Hz a 8kHz), y se aplicará la atenuación por banda proporcionada por los protectores auditivos, corregida restando 4 dB a cada valor, conforme a la norma UNE-EN 458, para tener en cuenta la variabilidad individual y las condiciones reales de uso. Esta corrección es aplicada automáticamente por la herramienta proporcionada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo en su página web.

Para el cálculo de la atenuación del LCpico, también se utilizará el método por bandas de octava, seleccionando las bandas más representativas según el tipo de ruido (bajas, medias o altas frecuencias). El cálculo se basará en el valor máximo medido del LCpico y se aplicará la atenuación corregida por banda. En los casos en que existan impactos de alta frecuencia, se incluirá opcionalmente el análisis de estas bandas. Las atenuaciones por banda serán también corregidas con un descuento de 4 dB, aplicado automáticamente por el sistema.

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas de los riesgos acústicos se exponen en la siguiente tabla en la que se representan los valores obtenidos de nivel continuo ponderado A (LAEQ) y nivel pico (LCPK) como datos más importantes y relevantes. Estos datos, permiten identificar las zonas con mayor carga acústica (según valores de la TABLA 1) y establecer las prioridades de intervención preventiva.

	LAEQ	LAFM AX	LZEQ	LCPK	LCEQ	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz	MEDICIÓN
CABINA HORNS 1	82,4	92,4	94	113,1	91	29,3	47,4	57,2	69,5	74,8	77,2	77,1	75	65,8	58,4	46,2	1
PLATAFORMA HORNS 1	93,5	116,6	99,3	129,5	96,9	32,2	49,9	61,1	73	78,8	87,2	89,4	87	82,3	78,6	67,4	2
PLATAFORMA HORNS 2 CARGA DE CA	101,8	110,4	108,8	126,5	105,9	41	67,5	63,5	72,7	84,1	93,8	97,3	97,4	91,7	82,8	72,1	19
CABINA EXTERIOR HORNS 2 CARGA D	87,6	96,7	94	114,7	92,9	22,9	47,9	61,6	63,5	72,9	85	81,8	80,9	74,5	63,5	44,8	21
CABINA EXTERIOR SIERAN T [®]	86,5	101,7	93,9	111,8	92	24,2	50,3	54,8	60,8	70	84,7	77,8	81,7	83,2	68	51	22
ALBERTIAS	88	105,6	101	126,5	94,3	38,1	47,9	62,1	68,2	77	80,4	81,5	82,2	80,9	75,1	60,2	17
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 1	101	110,4	110,2	127,4	104,8	43,1	57,7	71	77,9	87,1	95,2	96,6	94,7	89,4	81,1	66,1	15
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 2	99,4	108,6	109,6	126,9	103,7	43,9	56,7	67,5	79,2	87,3	93,2	94,4	93,4	89,9	81,3	65,7	16
MIRADOR NAVE 1	94,4	107,6	102,7	126,2	98,3	37,5	52,6	64	72	81	87,8	91	97,4	82,6	74,7	57,4	28
ACABADO LÍNEA DE ENTRADA EN ROBO	89,1	101,7	101,9	119	96,2	40,1	51,9	63,9	70,4	78	82,3	82,9	82,7	81,4	76,2	62,6	18
ACABADO ENTRADA LÍNEA 6	94,6	105,7	106,7	126,1	100	43,9	51,7	65,3	76,6	82,3	87,7	89,4	88,4	85,9	80,9	68,1	13
ACABADO ENTRADA LÍNEA 5	92,8	101,9	106,4	120,2	98,8	44,8	52,1	63,1	72,2	82,1	85,4	85,9	85,8	86,2	82,3	70,5	11
SALIDA LÍNEA 5 (REBARBADORA)	92,1	104,6	105,6	121,6	98,6	43,1	32,9	65,1	72,4	80,6	85,9	86,7	83,8	81,8	83,4	73,4	9
SALIDA LÍNEA 6	94,9	109,4	106,6	130,2	99,2	41,9	51,6	64,1	73,7	82,7	85,8	89,3	90,5	86,4	78,9	64,4	14
EXPEDICIONES OFICINA	68,4	82,1	78,7	102,2	73,7	11,3	20,5	33,7	52,6	58	64,8	61,4	60,4	57,3	46,9	33	39
ACABADO ROBOT CERCA DE REBARBA	91	111,8	103	129	96,3	40,2	51,8	61,9	69,1	78,1	83,4	85,8	84,7	83,8	76,1	60,7	12
REBARBADORA LÍNEA 4	90,5	107,9	103,2	124,2	97,3	40,5	51,3	66,1	71,4	78,9	83,8	85,1	83,8	82,7	77,4	62,3	10
MÁQUINA DISA 2 Y 3	86	90,2	99,2	109,6	95,7	36,2	55	64,3	69	76,9	78,2	78	80,1	78,7	75	63,4	3
COLOCADOR MACHOS DISA 2 Y 3	86,9	96,3	102,5	110,1	95,2	38,2	50,5	64,8	70	75,4	77,3	79	81,5	80,5	77,9	67,1	4
ARENERÍA 2 INTERIOR	72	83,1	94,5	102,7	87,2	36,4	48,1	52,4	60	67,7	65,8	65	62,8	60,3	51,1	39,7	5
ARENERÍA 2 EXTERIOR	84	88,8	97,6	108,4	94,2	34,8	32,8	63,6	69,3	74,1	72,3	78,3	77,2	74,7	68,4	53,7	6
ARENERÍA 2 EXTERIOR SILO	85,8	88,8	103,3	110,5	97,4	41,4	56,3	63	74,4	78,1	79,3	79,2	78,5	75,8	67,2	50,7	7
ARENERÍA 1 EXTERIOR	83,9	101,3	96	115,1	92,4	32,1	49,5	59,6	70,1	75,5	77,2	78,2	76,6	74,7	69,6	55,6	37
REBARBADORA Nº3	91,7	96,8	103,5	113,5	98,7	36,9	50,7	65,6	75,4	84,3	86,7	85,6	83,9	81,8	75,6	62,9	8
DISA 1	82,3	98	96	112,3	88,4	30,8	45,3	55,5	63,8	69,5	71,9	73,1	75,1	77,4	75,3	65,1	46
COLOCADOR MACHOS DISA 1	88,3	101,8	97,3	115,2	91,2	30,6	45,3	57,8	68,1	70,3	74,4	75,1	80,2	84,3	83,3	72,4	45
CONTROL DE ACCESO	71,6	87,8	88,7	105,6	80,2	20,8	34,3	48,2	56,8	62,9	67	66,5	63,6	55,3	43,5	33,7	33
DESPACHO MÉDICO	60,1	80,8	79,5	101,9	71,3	19,8	27,2	39,4	44	49,1	56,1	55	50,8	47,6	44,4	33,5	34
DESPACHO ENFERMERA	58,4	84,5	81	109,6	72,3	25,2	31,8	40,2	41,5	47,6	53,2	53,4	52	45,1	36,2	23,6	35
ARENERÍA 1 INTERIOR	76,8	98,7	93,7	114,3	85,9	30,3	43,5	54,4	60,2	64,2	66,1	70,3	70,9	71,4	64,9	50,6	36
CALIDAD ZONA SREMAX	73,9	82,5	94,1	100,9	81,9	29,3	33,6	43,5	49,9	60,5	66,8	69,1	66,1	61,8	56,1	42,1	83
CALIDAD ZONA YXLON	71,4	64,9	96,1	103,6	82,8	30,6	31,2	42,6	49,2	62,5	67,1	65	63,7	60,6	52,5	49,9	84
OFICINA MATERIAS PRIMAS SIN CAMIÓN	62	77,9	81,5	99,5	72,7	14,5	28,2	41,6	49,5	51,6	58	52,1	53,6	54,4	38,4	26	43
OFICINA MATERIAS PRIMAS DESCARGA	66,3	90,3	81,9	104,2	72,2	14,9	27,4	37	45,7	52,3	61,6	61,3	58,8	56,1	50,7	37,9	30
OFICINA LOGÍSTICA SIN CAMIÓN	60,9	85,3	83,3	110,6	73,3	16,9	34,1	37,2	42,3	49	50	55,7	53,3	50	44,3	30,9	31
OFICINA RRHH SIN CAMIÓN	62,7	82,1	74,8	101,4	69,5	9,6	21,3	33,8	48,8	51,5	60,2	55,9	53,4	47,3	37,6	25,1	32
ACABADO LÍNEA 1	99,3	116,8	105,7	132,8	101,6	42,4	51	65,1	75,2	83,2	90,3	94,9	94,2	91,1	79,9	59,3	27
MACHERÍA SLC 40 (1) (MÁQUINA HIELO S)	92,6	98,4	93,8	110	92,3	24,7	43,1	52,1	60,6	70,8	77,2	84,3	87,7	87,8	84,4	73,9	24
MACHERÍA SLC 25 (1) (MÁQUINA HIELO S)	98,1	103,3	98,9	115,7	97,2	28	45,9	53	61,8	73,5	80,6	89,5	92,5	93,7	90,5	79,6	40
MACHERÍA MAQUINA DE HIELO SECO	116	121,8	117,2	136,4	114,7	36,3	52,9	64,5	72,9	84,6	95,8	106,1	109,9	111,3	110,3	104,6	23
MACHERÍA CONTROLADOR HORNO SLC	80,3	88,8	89,9	110,8	86,5	22,9	44	52,3	61,4	72	74,6	73,9	72,6	71	66,5	49,2	42
MACHERÍA CONTROLADOR HORNO SLC	81,6	77,2	91,6	102,8	87,3	26	42,9	51,9	62,8	73,3	74,3	75,6	75,2	73,2	66	47,3	41
TALLER MOLDEO TALADRO COLUMNA	79,2	86	83	97,9	81,2	16,9	31,1	46,5	52,7	60,7	72,6	75,8	73,2	64,2	54,4	40	47
TALLER MOLDEO FRESCADORA	70,5	76,7	80,6	91,9	76,7	17,2	30,8	46,8	51,9	56,2	64,7	66,1	64,6	57,2	46,6	33,4	48
TALLER MOLDEO TORNO	75,8	80,3	83,1	94,6	79,5	21,9	27,1	44,2	53,8	61,5	71,2	71,1	69,9	62,3	49,7	33,3	49
TALLER MOLDEO SIERRA	84,1	89,4	86,1	103,4	84,3	21,8	28,9	46,4	50,8	56,4	76	74,7	81,6	73,9	71,5	61,1	50
TALLER MOLDEO LIJADORA	86,2	87,6	88,9	100,8	87	25,6	35,8	45	54,2	67	78,4	78,4	80,1	81,2	75,3	62,8	51
TALLER MOLDEO SALA SIN MÁQUINAS	68,8	88,9	85,9	100	77,8	23	34,9	44,7	51,3	56,2	63,2	59,9	60,7	62,6	59,7	47,1	52

TABLA 2. RESULTADOS MEDICIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO. (Fuente propia)

Para aquellos puestos en los que las tareas son más inespecíficas y se mueven por toda la planta, se efectúa las mediciones mediante dosímetro y un tiempo de exposición más prolongado.

	LAEQ	LCPK	PA HRS	PROJ DOSE	LCEQ	LCA	LEX 8 Hz	PRO
CARRETILLERO EXP	81,4	126,4	0,05	136,9	83	1,6	71,6	81,4
CARRETILLERO CALDO	94	138,4	0,43	2504,4	96,4	2,4	81,3	94
BARREDORA CERRADA	84,1	125,1	0,05	256,4	99,4	15,3	71,6	84,1
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	87,6	129,5	0,45	573,6	91,3	3,7	81,5	87,6
MANTENIMIENTO MECÁNICO	94,5	143,5	2,35	2848,3	97,4	2,9	88,7	94,5
CABINA HORNO 2 CARGA CARRO	77,3	108,2		55	86,1	8,8	57,8	77,3
CARRETILLERO ACABADO	90,9	123,6	0,07	1234,3	98,8	7,9	73,2	90,9
LORA 16L	91,1	125,8	0,15	1295,8	96,7	5,6	76,8	91,1

TABLA 3. RESULTADOS MEDICIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO. (Fuente propia)

6. CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DEL RUIDO DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

Se procede a analizar los resultados obtenidos con las diferentes protecciones auditivas utilizadas por los operarios. Para ello, se generará una tabla en la que se compararán los resultados obtenidos con cada uno de los protectores usados mediante el cálculo del nivel equivalente ponderado A (LAeq dB A)

Estas tablas permitirán comparar la eficacia real de los distintos protectores auditivos aplicados a los puestos de trabajo analizados con niveles de ruido ya medidos por bandas de frecuencia. A través del método de bandas de octava se obtiene un valor más realista del nivel residual que llega al oído del trabajador tras usar el EPI, lo cual es fundamental para:

- Evaluar si el nivel protegido está por debajo del valor límite de exposición diario (87 dBA), exigido por el RD 286/2006.
- Comprobar si la protección es excesiva (por debajo de 70 dB), lo cual puede dificultar la comunicación y generar sensación de aislamiento.
- Comparar distintos modelos de protectores para seleccionar el más adecuado a cada entorno.

Esta metodología permitirá realizar un análisis más preciso y realista del grado de protección que ofrecen los determinados protectores auditivos frente al espectro de frecuencias específico presente en el ambiente evaluado.

La elección de este método responde, en primer lugar, a su mayor nivel de exactitud en comparación con métodos más simplificados como el método SNR (Single Number Rating). Mientras que el SNR proporciona una única cifra global de atenuación, el enfoque basado en las bandas de octava considera la variabilidadpectral del ruido y la respuesta frecuencial diferencial del protector auditivo, ajustándose mejor a situaciones en las que existen diferentes componentes tonales o ruidos con predominancia de ciertas frecuencias.

El procedimiento consiste en, una vez medido o registrado el nivel de presión sonora (NPS) no atenuado en cada una de las bandas de octava normalizadas (generalmente de 63 Hz a 8 kHz), se sustraen los valores de atenuación acústica media proporcionados por el fabricante para cada banda, teniendo en cuenta también su desviación estándar (s), de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 458:2020 sobre protectores auditivos. La fórmula empleada habitualmente es:

$$(Ec 3) \quad L' = L - (Am - s)$$

Donde:

- L: es el nivel de presión sonora no atenuado en una banda concreta (dB),
- Am: es la atenuación media del protector auditivo en esa banda (dB),
- s: es la desviación estándar del valor de atenuación (dB),
- L': es el nivel de presión sonora atenuado estimado en esa banda (dB).

Una vez obtenidos los niveles atenuados por banda, se calcula el nivel global atenuado (L_{Aeq} atenuado) mediante suma logarítmica. Esto permite estimar con mayor fidelidad el nivel real de exposición al ruido una vez aplicado el protector, y verificar si se cumple el objetivo de reducir la exposición por debajo de los valores límite establecidos por la legislación vigente (con valor límite de exposición diario de 87 dB A, según el Real Decreto 286/2006).

El método de bandas de octava es especialmente relevante en entornos donde el ruido presenta un espectro no homogéneo, ya que permite ajustar la selección del protector auditivo al perfil frecuencial del ruido existente, optimizando así la eficacia de la protección y evitando tanto la sobreprotección como la infraprotección.

Asimismo, el uso de este método es coherente con las recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), que en documentos como la NTP 275 y la Guía técnica del RD 286/2006 sugiere su aplicación como procedimiento más adecuado para la selección informada de protectores auditivos en función del espectro de ruido real.

6.1 PROTECTORES AUDITIVOS 3M E-A-R CLASSIC

Los protectores auditivos 3M E-A-R Classic son un protector auditivo tipo tapón fabricado en espuma de poliuretano de lenta recuperación, diseñado para ser insertado en el canal auditivo y proporcionar una reducción efectiva del nivel de exposición al ruido. Es uno de los protectores auditivos más utilizados en entornos industriales y laborales debido a su fiabilidad, simplicidad de uso y eficacia probada, con un diseño y composición orientados a proporcionar una protección auditiva efectiva y cómoda.

Características técnicas principales

- Material: Están fabricados con espuma de poliuretano blanda y adaptable, de célula cerrada, que permite un ajuste cómodo y estable en el canal auditivo y una lenta recuperación. Esta composición es fundamental para su rendimiento, ya que permite que el tapón se comprima fácilmente para su inserción y luego se expanda gradualmente dentro del canal auditivo, adaptándose a su forma para crear un sellado acústico eficaz.
- Diseño cilíndrico: Su forma cilíndrica con extremos ligeramente cónicos permite que se adapte a una amplia variedad de tamaños de canal auditivo sin generar presión excesiva facilitando su inserción y extracción. Su superficie es lisa, lo que contribuye a una mayor higiene y reduce la irritación en el canal auditivo.
- Recuperación lenta: Tras ser comprimido, el tapón se expande lentamente para ajustarse con precisión a la anatomía del oído, garantizando un sellado adecuado y un confort prolongado incluso en usos continuados.
- Superficie resistente a la humedad: Reduce la acumulación de sudor o humedad, lo que favorece la higiene y la durabilidad del producto.
- Comodidad: A pesar de su material firme inicial, la espuma de lenta recuperación se adapta a la temperatura corporal, volviéndose más blanda y flexible con el tiempo de uso, lo que mejora la comodidad durante períodos prolongados.

- Son ideales para entornos donde se requiere protección auditiva desecharable y de alto rendimiento y, en general, cualquier lugar con exposición a niveles de ruido perjudiciales

Valores de atenuación obtenidos de la ficha técnica de los protectores auditivos 3M E-A-R CLASSIC

	Frecuencia (Hz) <i>f</i>								H	M	L	SNR
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000				
Mf (dB)	28,7	29,0	30,4	33,1	32,4	33,6	43,1	38,3	34,3	32,1	30,8	34,3
Sf (dB)	3,8	4,8	6,0	5,9	6,4	3,4	2,3	3,3	2,9	4,8	4,9	3,8
APVf (dB)	24,9	24,2	24,4	27,2	26,0	30,2	40,8	35,0	31	27	26	31

TABLA 3. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M E-A-R CLASSIC. Valores obtenidos de la ficha técnica 3M Peltor Optime II, disponible en los anexos

En la siguiente tabla, podemos observar los resultados de aplicar la atenuación de los protectores auditivos 3M E-A-R CLASSIC según el método de octavas.

E-A-R Classic	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1 KHZ	2 KHZ	4 KHZ	8 KHZ	ATENUACIÓN
CABINA HORNS 1	32,30	45,30	50,40	50,00	51,10	44,80	25,00	23,40	56,07
PLATAFORMA HORNS 1	36,20	48,80	54,40	60,00	63,40	56,80	41,50	43,60	66,08
PLATAFORMA HORNS 2 CARGA DE CARRO	38,60	48,50	59,70	66,60	71,30	67,20	50,90	47,80	73,89
CABINA EXTERIOR HORNS 2 CARGA DE CARRO	36,70	39,30	48,50	57,80	55,80	50,70	33,70	28,50	60,75
CANINA EXTERIOR SIERAN T'	29,90	36,60	45,60	57,50	51,80	51,50	42,40	33,00	59,62
ALBERTIAS	37,20	44,00	52,60	53,20	55,50	52,00	40,10	40,10	88,00
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 1	46,10	53,70	62,70	68,00	70,60	64,50	48,60	46,10	73,59
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 2	42,60	55,00	62,90	66,00	68,40	63,20	49,10	46,30	71,87
MIRADOR NAVE 1	39,10	47,80	56,60	60,60	65,00	67,20	41,80	39,70	70,05
ACABADO LÍNEA DE ENTRADA EN ROBOTS NUEVOS	39,00	46,20	53,60	55,10	56,90	52,50	40,60	41,20	61,12
ACABADO ENTRADA LÍNEA 6	40,40	52,40	57,90	60,50	63,40	58,20	45,10	45,90	66,85
ACABADO ENTRADA LÍNEA 5	38,20	48,00	57,70	58,20	59,90	55,60	45,40	47,30	64,39
SALIDA LINEA 5 (REBARBADORA)	40,20	48,20	56,20	58,70	60,70	53,60	41,00	48,40	64,35
SALIDA LINEA 6	39,20	49,50	58,30	58,60	63,30	60,30	45,60	43,90	66,78
EXPEDICIONES OFICINA	8,80	28,40	33,60	37,60	35,40	30,20	16,50	11,90	41,24
ACABADO ROBOT CERCA DE REBARBADORA LINEA 5	37,00	44,90	53,70	56,20	59,80	54,50	43,00	41,10	62,92
REBARBADORA LINEA 4	41,20	47,20	54,50	56,60	59,10	53,60	41,90	42,40	62,74
MAQUINA DISA 2 Y 3	39,40	44,80	52,50	51,00	52,00	49,90	37,90	40,00	57,89
COLOCADOR MACHOS DISA 2 Y 3	39,90	45,80	51,00	50,10	53,00	51,30	39,70	42,90	58,06
ARENERIA 2 INTERIOR	27,50	35,80	43,30	38,60	39,00	32,60	19,50	16,10	46,32
ARENERIA 2 EXTERIOR	38,70	45,10	49,70	45,10	52,30	47,00	33,90	33,40	55,91
ARENERIA 2 EXTERIOR SILO	38,10	50,20	53,70	52,10	53,20	48,30	35,00	32,20	58,97
ARENERIA 1 EXTERIOR	34,70	45,90	51,10	50,00	52,20	46,40	33,90	34,60	56,86
REBARBADORA N°3	40,70	51,20	59,50	59,50	53,70	41,00	40,60	46,03	65,03
DISA 1	30,60	39,80	45,10	44,70	47,10	44,90	36,60	40,30	52,29
COLOCADOR MACHOS DISA 1	32,90	43,90	45,90	47,20	49,10	50,00	43,50	48,30	55,90
CONTROL DE ACCESO	23,30	32,60	38,50	39,80	40,50	33,40	14,50	8,50	45,07
DESPACHO MÉDICO	14,50	19,80	24,70	28,90	29,00	20,60	6,80	9,40	33,26
DESPACHO ENFERMERA	15,30	17,30	23,20	26,00	27,40	21,80	4,30	1,20	31,46
ARENERIA 1 INTERIOR	29,50	36,00	39,80	38,90	44,30	40,70	30,60	29,90	47,99
CALIDAD ZONA SREMAX	18,60	25,70	36,10	41,60	43,10	35,90	21,00	21,10	46,39
CALIDAD ZONA YXLON	17,70	25,00	38,10	39,90	39,00	33,50	19,80	17,50	44,30
OFICINA MATERIAS PRIMAS SIN CAMIÓN	16,70	25,30	27,20	30,80	26,10	23,40	13,60	3,40	34,42
OFICINA MATERIAS PRIMAS DESCARGA CAMIÓN BENTONITA	12,10	21,50	27,90	34,40	35,30	28,60	15,30	15,70	38,87
OFICINA LOGISTICA SIN CAMION	12,30	18,10	24,60	28,80	29,70	23,10	9,20	9,30	33,58
OFICINA RRHH SIN CAMIÓN	8,90	24,60	27,10	33,00	29,90	23,20	6,50	2,60	36,02
ACABADO LÍNEA 1	40,20	51,00	58,80	63,10	68,90	64,00	50,30	44,90	71,25
MACHERIA SLC 40 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	27,20	36,40	46,40	50,00	58,30	57,50	47,00	49,40	61,83
MACHERIA SLC 25 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	28,10	37,60	49,10	53,40	63,50	62,30	52,90	55,50	66,81
MACHERIA MAQUINA DE HIELO SECO	39,60	48,70	60,20	68,60	80,10	79,70	70,50	75,30	83,96
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC40 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	27,40	37,20	47,60	47,40	47,90	42,40	30,20	31,50	53,01
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC25 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	27,00	38,60	48,90	47,10	49,60	45,00	32,40	31,00	54,19
TALLER MOLDEO TALADRO COLUMNA	21,60	28,50	36,30	45,40	49,80	43,00	23,40	19,40	51,92
TALLER MOLDEO FRESCADORA	21,90	27,70	31,80	37,50	40,10	34,40	16,40	11,60	43,21
TALLER MOLDEO TORNO	19,30	29,60	37,10	44,00	45,10	39,70	21,50	14,70	48,64
TALLER MOLDEO SIERRA	21,50	26,60	32,00	48,80	48,70	51,40	33,10	36,50	54,72
TALLER MOLDERO LIJADORA	20,10	30,00	42,60	51,20	52,40	49,90	40,40	40,30	56,48
TALLER MOLDEO SALA SIN MAQUINAS	19,80	27,10	31,80	36,00	33,90	30,50	21,80	24,70	40,05

TABLA 4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M E-A-E CLASSIC EN LA TABLA 2. (Fuente Propia)

Puesto	LAEQ	LEX8H	E-A-R Classic Atenuado	E-A-R Classic LEX8H Atenuado	E-A-R Classic H (Alta)	E-A-R Classic M (Media)	E-A-R Classic L (Baja)
CARRETILLERO EXP	81,4	71,6	57,4	47,6	51,4	57,4	59,4
CARRETILLERO CALDO	94	81,3	70	57,3	64	70	72
BARREDORA CERRADA	84,1	71,6	60,1	47,6	54,1	60,1	62,1
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	87,6	81,5	63,6	57,5	57,6	63,6	65,6
MANTENIMIENTO MECÁNICO	94,5	88,7	70,5	64,7	64,5	70,5	72,5
CABINA HORNO 2 CARGA CARRO	77,3	57,8	53,3	33,8	47,3	53,3	55,3
CARRETILLERO ACABADO	90,9	73,2	66,9	49,2	60,9	66,9	68,9
LORA 16L	91,1	76,8	67,1	52,8	61,1	67,1	69,1

TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M E-A-E CLASSIC EN LA TABLA 3. (Fuente propia)

El protector auditivo 3M E-A-R Classic se caracteriza por su elevada capacidad de atenuación sonora, con una reducción estimada del nivel de presión sonora equivalente (LAEQ) en torno a los 30 dB(A), conforme a los valores proporcionados por el fabricante en condiciones normalizadas de laboratorio. En el marco del presente estudio, los resultados derivados de la aplicación de dicho EPI en los distintos puestos de trabajo evaluados evidencian una disminución significativa de los niveles de exposición, situando en todos los casos el LAeq residual por debajo de los valores límite establecidos por la legislación vigente (Real Decreto 286/2006).

En puestos con niveles de exposición al ruido particularmente elevados, la reducción obtenida tras la aplicación del EPI es altamente eficaz, permitiendo alcanzar niveles de exposición por debajo de los 70 dB(A) garantizando una protección auditiva robusta frente al riesgo de pérdida auditiva inducida por ruido, demostrando su idoneidad en contextos de exposición severa y prolongada.

Sin embargo, en aquellos puestos con niveles de ruido inferiores, se ha observado una situación de potencial sobreprotección. Esta circunstancia puede derivar en una percepción auditiva insuficiente del entorno laboral, dificultando la comunicación verbal entre operarios y limitando la capacidad de respuesta ante señales acústicas de alarma o advertencia. Desde el punto de vista ergonómico, ello puede comprometer tanto la eficiencia operativa como la seguridad, especialmente en entornos donde la audición ambiental desempeña un papel relevante.

En consecuencia, si bien el 3M E-A-R Classic ofrece una protección excepcional en términos de atenuación, su aplicación debería estar cuidadosamente justificada en función de los niveles reales de exposición y las necesidades comunicativas inherentes al puesto de trabajo. Su uso generalizado en tareas de exposición moderada podría resultar contraproducente.

6.2 PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME II

Los 3M™ PELTOR™ Optime™ II son unos protectores auditivos tipo orejera diseñados para ofrecer una alta atenuación acústica en entornos con niveles elevados de ruido industrial, especialmente aquellos que presentan un componente significativo de frecuencias bajas. Combina eficiencia acústica, comodidad y robustez, lo que lo hace ideal para el uso prolongado en condiciones exigentes.

Características técnicas principales:

- Tipo: Orejera con doble copa o carcasa: Incorporan una innovadora construcción de doble carcasa en las copas. Este diseño está pensado para minimizar la resonancia interna y, consecuentemente, mejorar la atenuación de las frecuencias bajas, que son las más difíciles de controlar en entornos industriales ruidosos.
- Diseño del cojín: Amplios y suaves, llenos con una combinación de espuma y líquido que mejora la comodidad y el sellado acústico. Esta composición, permite que los aros se adapten de manera óptima a la forma de la cabeza del usuario, creando un sellado acústico eficaz sin ejercer una presión excesiva, lo que resulta en una mayor comodidad durante períodos de uso extensos.
- Arnés: De acero inoxidable, con presión constante que garantiza un ajuste uniforme.
- Compatibilidad: Se puede encontrar en versiones con banda para la cabeza, para casco o con cinta de nuca.
- Alta Atenuación: Ofrecen una atenuación de ruido de alto rendimiento, lo que los hace adecuados para proteger contra una amplia gama de ruidos, incluyendo aquellos de baja frecuencia y de banda ancha. Su valor SNR (Single Number Rating) es elevado, indicando una protección robusta en ambientes con ruido continuo e intenso.
- Comodidad Ergonómica: A pesar de su capacidad de atenuación, las Optime II están diseñadas pensando en la comodidad. Cuentan con copas amplias que proporcionan espacio suficiente para las orejas, una diadema acolchada y ajustable, y un peso equilibrado. Las almohadillas y los insertos de espuma son fácilmente reemplazables, lo que no solo contribuye a la higiene, sino que también prolonga la vida útil del protector.

Resumiendo, son orejeras de protección auditiva que combinan una avanzada tecnología de atenuación con un diseño ergonómico y materiales de alta calidad, ofreciendo una solución fiable y cómoda para la protección auditiva en condiciones de ruido exigentes.

Valores atenuación de los protectores auditivos 3M PELTOR OPTIME II:

3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (diadema plegable H520F)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	16,1	14,5	20,3	32,6	39,1	35,1	34,7	39,8
sf (dB)	2,0	1,8	2,6	2,4	2,5	2,3	2,7	2,5
APVf (dB)	14,1	12,7	17,7	30,2	36,6	32,8	32,0	37,3

SNR = 31 dB H = 34 dB M = 28 dB L = 20 dB

TABLA 6. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME II. (Valores obtenidos de la ficha técnica 3M Peltor Optime II, disponible en los anexos).

A continuación, se valora la eficacia del protector auditivo 3M PELTOR OPTIME II frente al espectro de ruido analizado y en la que se recogen los valores de atenuación media en dB por bandas de octava según los datos proporcionados por el fabricante.

PELTOR Optime II	63 HZ	125 HZ	250 HZ	500 HZ	1 KHZ	2 KHZ	4 KHZ	8 KHZ	ATENUACIÓN
CABINA HORNOS 1	43,10	56,80	57,10	47,00	40,50	42,20	33,80	20,70	60,38
PLATAFORMA HORNOS 1	47,00	60,30	61,10	57,00	52,80	54,20	50,30	40,90	65,42
PLATAFORMA HORNOS 2 CARGA DE CARRO	49,40	60,00	66,40	63,60	60,70	64,60	59,70	45,10	71,06
CABINA EXTERIOR HORNOS 2 CARGA DE CARRO	47,50	50,80	55,20	54,80	45,20	48,10	42,50	25,80	59,66
CANINA EXTERIOR SIERAN T*	40,70	48,10	52,30	54,50	41,20	49,90	51,20	30,30	58,76
ALBERTIAS	48,00	55,50	59,30	50,20	44,90	49,40	48,90	37,40	61,97
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 1	56,90	65,20	69,40	65,00	60,00	61,90	57,40	43,40	72,74
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 2	53,40	66,50	69,60	63,00	57,80	60,60	57,90	43,60	72,60
MIRADOR NAVE 1	49,90	59,30	63,30	57,60	54,40	64,60	50,60	37,00	68,41
ACABADO LÍNEA DE ENTRADA EN ROBOTS NUEVOS	49,80	57,70	60,30	52,10	46,30	49,90	49,40	38,50	63,33
ACABADO ENTRADA LÍNEA 6	51,20	63,90	64,60	57,50	52,80	55,60	53,90	43,20	68,36
ACABADO ENTRADA LÍNEA 5	49,00	59,50	64,40	55,20	49,30	53,00	54,20	44,60	66,66
SALIDA LÍNEA 5 (REBARBADORA)	51,00	59,70	62,90	55,70	50,10	51,00	49,80	45,70	65,73
SALIDA LÍNEA 6	50,00	61,00	65,00	55,60	52,70	57,70	54,40	41,20	67,74
EXPEDICIONES OFICINA	19,60	39,90	40,30	34,60	24,80	27,60	25,30	9,20	43,92
ACABADO ROBOT CERCA DE REBARBADORA LÍNEA 5	47,80	56,40	60,40	53,20	49,20	51,90	51,80	38,40	63,42
REBARBADORA LÍNEA 4	52,00	58,70	61,20	53,60	48,50	51,00	50,70	39,70	64,43
MAQUINA DISA 2 Y 3	50,20	56,30	59,20	48,00	41,40	47,30	46,70	37,30	61,89
COLOCADOR MACHOS DISA 2 Y 3	50,70	57,30	57,70	47,10	42,40	48,70	48,50	40,20	61,67
ARENERIA 2 INTERIOR	38,30	47,30	50,00	35,60	28,40	30,00	28,30	13,40	52,21
ARENERIA 2 EXTERIOR	49,50	56,60	56,40	42,10	41,70	44,40	42,70	30,70	60,26
ARENERIA 2 EXTERIOR SILO	48,90	61,70	60,40	49,10	42,60	45,70	43,80	29,50	64,49
ARENERIA 1 EXTERIOR	45,50	57,40	57,80	47,00	41,60	43,80	42,70	31,90	61,13
REBARBADORA N°3	51,50	62,70	66,60	56,50	49,00	51,10	49,80	37,90	68,65
DISA 1	41,40	51,10	51,80	41,70	36,50	42,30	45,40	37,60	55,69
COLOCADOR MACHOS DISA 1	43,70	55,40	52,60	44,20	38,50	47,40	52,30	45,60	59,28
CONTROL DE ACCESO	34,10	44,10	45,20	36,80	29,90	30,80	23,30	5,80	48,36
DESPACHO MÉDICO	25,30	31,30	31,40	25,90	18,40	18,00	15,60	6,70	35,60
DESPACHO ENFERMERA	26,10	28,80	29,90	23,00	16,80	19,20	13,10	-1,50	33,97
ARENERIA 1 INTERIOR	40,30	47,50	46,50	35,90	33,70	38,10	39,40	27,20	51,26
CALIDAD ZONA SREMÁX	29,40	37,20	42,80	38,60	32,50	33,30	29,80	18,40	45,72
CALIDAD ZONA YXLON	28,50	36,50	44,80	36,90	28,40	30,90	28,60	14,80	46,33
OFICINA MATERIAS PRIMAS SIN CAMIÓN	27,50	36,80	33,90	27,80	15,50	20,80	22,40	0,70	39,41
OFICINA MATERIAS PRIMAS DESCARGA CAMIÓN BENTONITA	22,90	33,00	34,60	31,40	24,70	26,00	24,10	13,00	38,71
OFICINA LOGÍSTICA SIN CAMIÓN	23,10	29,60	31,30	25,80	19,10	20,50	18,00	6,60	34,92
OFICINA RRHH SIN CAMIÓN	19,70	36,10	33,80	30,00	19,30	20,60	15,30	-0,10	38,92
ACABADO LÍNEA 1	51,00	62,50	65,50	60,10	58,30	61,40	59,10	42,20	69,71
MACHERIA SLC 40 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	38,00	47,90	53,10	47,00	47,70	54,90	55,80	46,70	60,48
MACHERIA SLC 25 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	38,90	49,10	55,80	50,40	52,90	59,70	61,70	52,80	65,29
MACHERIA MÁQUINA DE HIELO SECO	50,40	60,20	66,90	65,60	69,50	77,10	79,30	72,60	82,39
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC40 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	38,20	48,70	54,30	44,40	37,30	39,80	39,00	28,80	56,03
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC25 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	37,80	50,10	55,60	44,10	39,00	42,40	41,20	28,30	57,29
TALLER MOLDEO TALADRO COLUMNNA	32,40	40,00	43,00	42,40	39,20	40,40	32,20	16,70	48,45
TALLER MOLDEO FRESADORA	32,70	39,20	38,50	34,50	29,50	31,80	25,20	8,90	43,58
TALLER MOLDEO TORNO	30,10	41,10	43,80	41,00	34,50	37,10	30,30	12,00	47,75
TALLER MOLDEO SIERRA	32,30	38,10	38,70	45,80	38,10	48,80	41,90	33,80	51,87
TALLER MOLDEO LIJADORA	30,90	41,50	49,30	48,20	41,80	47,30	49,20	37,60	55,11
TALLER MOLDEO SALA SIN MAQUINAS	30,80	38,60	38,50	33,00	23,30	27,90	30,60	22,00	42,92

TABLA 7. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME II EN LA TABLA 2.)Fuente propia)

Puesto	LAeq	LEX8H	Optime II Atenuado	Optime II LEX8H Atenuado	Optime II H (Alta)	Optime II M (Media)	Optime II L (Baja)
CARRETILLERO EXP	81,4	71,6	54,4	44,6	47,4	52,4	61,4
CARRETILLERO CALDO	94	81,3	67	54,3	60	65	74
BARREDORA CERRADA	84,1	71,6	57,1	44,6	50,1	55,1	64,1
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	87,6	81,5	60,6	54,5	53,6	58,6	67,6
MANTENIMIENTO MECÁNICO	94,5	88,7	67,5	61,7	60,5	65,5	74,5
CABINA HORNO 2 CARGA CARRO	77,3	57,8	50,3	30,8	43,3	48,3	57,3
CARRETILLERO ACABADO	90,9	73,2	63,9	46,2	56,9	61,9	70,9
LORA 16L	91,1	76,8	64,1	49,8	57,1	62,1	71,1

TABLA 8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME II EN LA TABLA 3. (Fuente propia)

El modelo 3M PELTOR Optime II constituye una solución intermedia en términos de capacidad de atenuación, con una reducción estimada de 25 dB(A) bajo condiciones controladas. Esta característica convierte a este protector en una opción equilibrada entre protección auditiva efectiva y mantenimiento de la audición funcional.

Los resultados derivados de su aplicación a los diferentes escenarios laborales muestran que, en la mayor parte de los casos, se logra reducir el nivel LAeq residual por debajo del valor de acción superior (85 dB), sin alcanzar situaciones de sobreprotección.

En puestos con niveles de exposición moderados, su uso se revela eficaz para controlar el riesgo auditivo sin deteriorar significativamente la capacidad de percepción sonora.

No obstante, en contextos de exposición particularmente elevada, se ha detectado que la atenuación proporcionada por este modelo podría no ser suficiente para garantizar

una exposición residual segura, especialmente en jornadas prolongadas o cuando se superan los valores límite de exposición. En tales casos, se debería considerar la utilización de protectores de mayor rendimiento o la combinación con medidas organizativas adicionales.

En resumen, ofrece una relación adecuada entre protección y confort para la mayoría de los entornos industriales con exposiciones moderadas, aunque presenta limitaciones en situaciones de elevada carga sonora continua.

6.3 PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME III

Los 3M™ PELTOR™ Optime™ III son unos protectores auditivos de gama alta, desarrollados para su uso en entornos con niveles extremos de ruido, presentando los niveles de protección auditiva más altos dentro de la serie Optime de Peltor. Utiliza un sistema de doble copa acústica que optimiza la atenuación, especialmente de las frecuencias más bajas, reduciendo eficazmente el ruido de fondo.

Características técnicas principales:

- Tipo: Orejera con sistema de doble copa desacoplada (una interna y otra externa) para maximizar la atenuación, especialmente en frecuencias muy bajas. La doble carcasa ayuda a minimizar la resonancia dentro de la copa.
- Tecnología de atenuación: Sistema de cámara acústica entre copas que reduce la resonancia y mejora el rendimiento global. Esta tecnología mejora drásticamente la atenuación de las frecuencias bajas, al tiempo que asegura una distribución uniforme de la presión alrededor de la oreja, lo que aumenta la comodidad y el sellado. El material de los aros sigue siendo una combinación de líquido y espuma.
- Diseño ergonómico: Cojines anchos y suaves para mayor confort y mínima presión en la cabeza.
- Opciones de sujeción: Banda para cabeza, montaje en casco y versión con cinta de nuca.

En síntesis, las 3M Peltor Optime III son orejeras de protección auditiva de élite, diseñadas para ofrecer una atenuación de ruido sin precedentes en los ambientes más severos, combinando tecnología avanzada de sellado con un enfoque en la comodidad del usuario para garantizar la máxima seguridad auditiva.

Valores de atenuación de los protectores auditivos 3M PELTOR OPTIME III según la ficha técnica del proveedor:

3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (diadema H540A)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf(dB)	20,8	17,4	24,7	34,7	41,4	39,3	47,5	42,6
sf(dB)	3,1	2,1	2,6	2,0	2,1	1,5	4,5	2,6
APVf(dB)	17,7	15,3	22,1	32,7	39,3	37,8	43,0	40,0

SNR = 35 dB H = 40 dB M = 32 dB L = 23 dB

TABLA 9. VALORES DE ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 3M PELTOR OPTIME III. Valores obtenidos de la ficha técnica 3M Peltor Optime III disponible en los anexos

Resultados obtenidos tras aplicar los datos de atenuación del equipo de protección a las mediciones realizadas de los diferentes puestos de trabajo

PELTOR Optime III	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHZ	2 KHZ	4 KHZ	8 KHZ	ATENUACIÓN
CABINA HORNOS 1	39,50	54,20	52,70	44,50	37,80	37,20	22,80	18,40	56,97
PLATAFORMA HORNOS 1	43,40	57,70	56,70	54,50	50,10	49,20	39,30	38,60	61,94
PLATAFORMA HORNOS 2 CARGA DE CARRO	45,80	57,40	62,00	61,10	58,00	59,60	48,70	42,80	67,07
CABINA EXTERIOR HORNOS 2 CARGA DE CARRO	43,90	48,20	50,80	52,30	42,50	43,10	31,50	23,50	56,24
CANINA EXTERIOR SIERAN T°	37,10	45,50	47,90	52,00	38,50	43,90	40,20	28,00	54,82
ALBERTIAS	44,40	52,90	54,90	47,70	42,20	44,40	37,90	35,10	58,09
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 1	53,30	62,60	65,00	62,50	57,30	56,90	46,40	41,10	69,06
MIRADOR NAVE 2 PLATAFORMA 2	49,80	63,90	65,20	60,50	55,10	55,80	46,90	41,30	68,88
MIRADOR NAVE 1	46,30	56,70	58,90	55,10	51,70	59,60	39,60	34,70	64,28
ACABADO LÍNEA DE ENTRADA EN ROBOTS NUEVOS	46,20	55,10	55,90	49,60	43,60	44,90	38,40	36,20	59,59
ACABADO ENTRADA LÍNEA 6	47,60	61,30	60,20	55,00	50,10	50,60	42,90	40,90	64,80
ACABADO ENTRADA LÍNEA 5	45,40	56,90	60,00	52,70	46,60	48,00	43,20	42,30	62,69
SALIDA LÍNEA 5 (REBARBADORA)	47,40	57,10	58,50	53,20	47,40	46,00	38,80	43,40	62,07
SALIDA LÍNEA 6	46,40	58,40	60,60	53,10	50,00	52,70	43,40	38,90	63,81
EXPEDICIONES OFICINA	16,00	37,30	35,90	32,10	22,10	22,60	14,30	6,90	40,53
ACABADO ROBOT CERCA DE REBARBADORA LÍNEA 5	44,20	53,80	56,00	50,70	46,50	46,90	40,80	36,10	59,50
REBARBADORA LÍNEA 4	48,40	56,10	56,80	51,10	45,80	46,00	39,70	37,40	60,71
MÁQUINA DISA 2 Y 3	46,60	53,70	54,80	45,50	38,70	42,30	35,70	35,00	58,12
COLOCADOR MACHOS DISA 2 Y 3	47,10	54,70	53,30	44,60	39,70	43,70	37,50	37,90	58,02
ARENERIA 2 INTERIOR	34,70	44,70	45,80	33,10	25,70	25,00	17,30	11,10	48,55
ARENERIA 2 EXTERIOR	45,90	54,00	52,00	39,60	39,00	39,40	31,70	28,40	56,78
ARENERIA 2 EXTERIOR SILO	45,30	59,10	56,00	46,60	39,90	40,70	32,80	27,20	61,19
ARENERIA 1 EXTERIOR	41,90	54,80	53,40	44,50	38,90	38,80	31,70	29,60	57,65
REBARBADORA N°3	47,90	60,10	62,20	54,00	46,30	46,10	38,80	35,60	64,90
DISA 1	37,80	48,50	47,40	39,20	33,80	37,30	34,40	35,30	51,88
COLOCADOR MACHOS DISA 1	40,10	52,80	48,20	41,70	35,80	42,40	41,30	43,30	55,29
CONTROL DE ACCESO	30,50	41,50	40,80	34,30	27,20	25,80	12,30	3,50	44,90
DESPACIO MÉDICO	21,70	28,70	27,00	23,40	15,70	13,00	4,60	4,40	32,23
DESPACIO ENFERMERA	22,50	26,20	25,50	20,50	14,10	14,20	2,10	-3,80	30,48
ARENERIA 1 INTERIOR	36,70	44,90	42,10	33,40	31,00	33,10	28,40	24,90	47,66
CALIDAD ZONA SREMEX	25,80	34,60	38,40	36,10	29,80	28,30	18,80	16,10	42,04
CALIDAD ZONA YXLON	24,90	33,90	40,40	34,40	25,70	25,90	17,60	12,50	42,39
OFICINA MATERIAS PRIMAS SIN CAMIÓN	23,90	34,20	29,50	25,30	12,80	15,80	11,40	-1,60	36,21
OFICINA MATERIAS PRIMAS DESCARGA CAMIÓN BENTONITA	19,30	30,40	30,20	28,90	22,00	21,00	13,10	10,70	35,21
OFICINA LOGÍSTICA SIN CAMIÓN	19,50	27,00	26,90	23,30	16,40	15,50	7,00	4,30	31,40
OFICINA RRHH SIN CAMIÓN	16,10	33,50	29,40	27,50	16,60	15,60	4,30	-2,40	35,80
ACABADO LÍNEA 1	47,40	59,90	61,10	57,60	55,60	56,40	48,10	39,90	65,76
MACHERIA SLC 40 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	34,40	45,30	48,70	44,50	45,00	49,90	44,80	44,40	55,13
MACHERIA SLC 25 (1) (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	35,30	46,50	51,40	47,90	50,20	54,70	50,70	50,50	59,43
MACHERIA MAQUINA DE HIELO SECO	46,80	57,60	62,50	63,10	66,80	72,10	68,30	70,30	76,33
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC40 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	34,60	46,10	49,90	41,90	34,60	34,80	28,00	26,50	52,14
MACHERIA CONTROLADOR HORNO SLC25 (MÁQUINA HIELO SECO FUNCIONANDO)	34,20	47,50	51,20	41,60	36,30	37,40	30,20	26,00	53,35
TALLER MOLDEO TALADRO COLUMNA	28,80	37,40	38,60	39,90	36,50	35,40	21,20	14,40	44,96
TALLER MOLDEO FRESEADORA	29,10	36,60	34,10	32,00	26,80	26,80	14,20	6,60	40,22
TALLER MOLDEO TORNO	26,50	38,50	39,40	38,50	31,80	32,10	19,30	9,70	44,24
TALLER MOLDEO SIERRA	28,70	35,50	34,30	43,30	35,40	43,80	30,90	31,50	47,67
TALLER MOLDEO LIJADORA	27,30	38,90	44,90	45,70	39,10	42,30	38,20	35,30	50,47
TALLER MOLDEO SALA SIN MÁQUINAS	27,00	36,00	34,10	30,50	20,60	22,90	19,60	19,70	39,38

TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME III EN LA TABLA 2. (Fuente propia)

Puesto	LAeq	LEX8H	Optime III Atenuado	Optime III LEX8H Atenuado	Optime III H (Alta)	Optime III M (Media)	Optime III L (Baja)
CARRETILLERO EXP	81,4	71,6	50,4	40,6	41,4	49,4	58,4
CARRETILLERO CALDO	94	81,3	63	50,3	54	62	71
BARREDORA CERRADA	84,1	71,6	53,1	40,6	44,1	52,1	61,1
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	87,6	81,5	56,6	50,5	47,6	55,6	64,6
MANTENIMIENTO MECÁNICO	94,5	88,7	63,5	57,7	54,5	62,5	71,5
CABINA HORNO 2 CARGA CARRO	77,3	57,8	46,3	26,8	37,3	45,3	54,3
CARRETILLERO ACABADO	90,9	73,2	59,9	42,2	50,9	58,9	67,9
LORA 16L	91,1	76,8	60,1	45,8	51,1	59,1	68,1

TABLA 11. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LOS PROTECTORES 3M PELTOR OPTIME III EN LA TABLA 3. (Fuente propia)

El protector 3M PELTOR Optime III se posiciona como una alternativa avanzada dentro de la gama de protectores auditivos pasivos, con una capacidad de atenuación estimada en 28 dB A. Esta configuración le permite proporcionar una protección auditiva eficaz sin incurrir en los inconvenientes asociados a una sobreprotección excesiva.

En los puestos evaluados con altos niveles de exposición, el uso del Optime III permite reducir los niveles de exposición residual a valores comprendidos entre 60 y 65 dB(A), lo cual representa un margen de seguridad considerable. Al mismo tiempo, su diseño acústico favorece la percepción de sonidos importantes del entorno, permitiendo un grado razonable de comunicación en el lugar de trabajo.

Dada su eficacia y equilibrio, resulta especialmente recomendable para tareas que implican exposiciones elevadas al ruido, pero donde también es importante mantener cierta capacidad de interacción auditiva. Su versatilidad lo convierte en una opción robusta y fiable para un amplio espectro de condiciones laborales, tanto en espacios cerrados como en ambientes industriales abiertos.

Resumiendo, el análisis de los resultados indica que el 3M PELTOR Optime III constituye una solución técnicamente equilibrada y ergonómicamente adecuada para la mayor parte de los puestos evaluados, con un rendimiento que combina eficacia protectora y funcionalidad auditiva.

7. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Final de Máster ha abordado de manera exhaustiva la problemática del ruido en un entorno industrial específico, centrándose en una planta dedicada a la fundición de hierro y la fabricación de componentes metálicos para el sector de la automoción. Los resultados obtenidos a través de una metodología rigurosa y el análisis subsiguiente permiten extraer una serie de conclusiones fundamentales que no solo reafirman la criticidad de la gestión del riesgo acústico en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, sino que también ofrecen perspectivas detalladas para la optimización de las estrategias preventivas.

1. Confirmación de la Exposición a Niveles de Ruido Significativos y su Conformidad Normativa:

Las mediciones objetivas y sistemáticas realizadas en la totalidad de los puestos de trabajo operativos de la planta han evidenciado de manera concluyente la presencia de niveles de exposición al ruido que, en la mayoría de los casos, exceden los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción ($L_{Aeq,d} \geq 80 \text{ dB(A)}$) o $L_{pico} \geq 135 \text{ dB(C)}$). De particular relevancia es la constatación de que, en áreas específicas, los niveles registrados incluso superan los valores superiores de exposición ($L_{Aeq,d} \geq 85 \text{ dB(A)}$ o $L_{pico} \geq 137 \text{ dB(C)}$). Esta situación, lejos de ser anecdótica, subraya una necesidad imperante y continuada de implementar, revisar y mantener un programa robusto de medidas preventivas y protectoras, en estricta conformidad con las directrices y obligaciones establecidas por el Real Decreto 286/2006, que transpone la Directiva 2003/10/CE. La persistencia de estos niveles de exposición, a pesar de la normativa vigente, resalta los desafíos inherentes a la mitigación del ruido en industrias con procesos intrínsecamente ruidosos.

2. La Imperativa Relevancia del Análisis Espectral por Bandas de Octava para la Evaluación y Selección de Equipos de Protección Individual (EPIs):

La aplicación del método de bandas de octava para la determinación de la atenuación de los protectores auditivos ha demostrado ser una herramienta metodológica de valor inestimable y superioridad técnica. Este enfoque, al considerar la distribución espectral detallada del ruido ambiental y la atenuación diferencial que los EPIs ofrecen en cada banda de frecuencia normalizada (desde 63 Hz hasta 8 kHz), proporciona una estimación significativamente más precisa y realista del nivel de exposición residual al que el trabajador está efectivamente sometido. Se confirma, por tanto, que la metodología de bandas de octava supera en rigor y fiabilidad a métodos simplificados como el Single Number Rating (SNR), el cual, al ofrecer una única cifra global, puede enmascarar deficiencias o excesos de atenuación en rangos de frecuencia específicos.

Esta precisión es crucial para una selección y verificación de la eficacia de los protectores auditivos que se ajuste de manera óptima a la realidad acústica del entorno, maximizando la protección sin comprometer la seguridad por sobreprotección.

3. Análisis Diferenciado de la Eficacia y Adecuación de los Protectores Auditivos Evaluados:

El estudio ha permitido realizar un análisis comparativo y detallado de la idoneidad de tres modelos de protectores auditivos de uso extendido, cada uno con características y rendimientos específicos:

- **PROTECTORES AUDITIVOS 3M E-A-R Classic:** Este tapón auditivo, caracterizado por su espuma de poliuretano de lenta recuperación, ofrece una capacidad de atenuación intrínsecamente muy elevada. Si bien su eficacia en la reducción de la exposición a niveles seguros, incluso en los puestos más ruidosos, ha sido demostrada, el análisis ha identificado un riesgo potencial de sobreprotección. En puestos con niveles de ruido moderados, la atenuación excesiva puede comprometer gravemente la comunicación verbal entre operarios y dificultar la percepción de señales acústicas de alarma o advertencia, lo que, desde una perspectiva de seguridad y eficiencia operativa, resulta contraproducente. Por consiguiente, su utilización debe ser cuidadosamente justificada y restringida a entornos donde la atenuación extrema sea una condición sine qua non, priorizando siempre un equilibrio entre protección y funcionalidad auditiva.
- **PROTECTORES AUDITIVOS 3M Peltor Optime II:** Este modelo de orejera, con su diseño de doble carcasa y aros selladores llenos de líquido y espuma, se ha revelado como una solución equilibrada y versátil. Ofrece una atenuación robusta y adecuada para la mayoría de los entornos industriales con exposiciones moderadas a elevadas, logrando consistentemente reducir el LAeq residual por debajo de los valores de acción superiores sin inducir una sobreprotección significativa. Su diseño ergonómico y la combinación de materiales garantizan un confort aceptable para períodos de uso prolongados, lo que lo convierte en una opción recomendable para escenarios donde se busca una protección fiable sin sacrificar en exceso la audición del entorno y la capacidad de interacción.
- **PROTECTORES AUDITIVOS 3M Peltor Optime III:** Representando el nivel más alto de protección dentro de la serie Optime, esta orejera ha demostrado una eficacia sobresaliente en los entornos más ruidosos. Gracias a su avanzada tecnología de doble cámara acústica, logra reducir los niveles de exposición residual a valores muy seguros (entre 60 y 65 dB(A)), incluso en presencia de ruidos de muy baja frecuencia. A pesar de su máxima atenuación, su diseño optimizado minimiza la sobreprotección, permitiendo una percepción razonable de sonidos importantes del entorno, lo cual es vital para la seguridad y la comunicación. Se posiciona, por tanto, como la opción óptima para situaciones de exposición extrema y prolongada, combinando una atenuación máxima con una funcionalidad auditiva crítica para el desempeño laboral.

4. Profundas Implicaciones para la Gestión Estratégica de la Prevención de Riesgos Laborales:

Las conclusiones derivadas de este trabajo refuerzan de manera contundente la necesidad de una gestión proactiva, diferenciada y basada en la evidencia del riesgo por ruido. La mera provisión de protectores auditivos no es suficiente; es imperativo realizar una evaluación exhaustiva y periódica del ambiente sonoro, que incluya un análisis frecuencial detallado, para seleccionar el Equipo de Protección Individual (EPI) más adecuado a las características específicas del ruido presente y a las demandas funcionales de cada puesto de trabajo. Una selección inadecuada, ya sea por infraprotección (exposición a niveles peligrosos) o por sobreprotección (aislamiento sensorial y riesgo de accidentes), puede acarrear consecuencias deletéreas para la salud auditiva a largo plazo, la seguridad operacional y la productividad de los trabajadores. Esto implica una inversión en conocimiento técnico y en herramientas de medición avanzadas.

5. Contribución Sustancial a la Mejora Continua y la Sostenibilidad de la Seguridad Laboral:

Este estudio no se limita a diagnosticar la situación acústica de la planta, sino que también proporciona una base analítica sólida para la implementación de medidas correctoras específicas y para la optimización continua del programa de protección auditiva. Las recomendaciones derivadas de este análisis pueden traducirse en acciones concretas y eficientes, tales como la reevaluación y posible reasignación de los EPIs en ciertos puestos de trabajo, la implementación de medidas de control de ingeniería en la fuente o en el medio de propagación del ruido, y el desarrollo de programas de capacitación específicos y continuos para los trabajadores sobre el uso correcto, el mantenimiento y la importancia crítica de la protección auditiva. En última instancia, este enfoque contribuye a la creación de un entorno laboral más seguro, saludable y conforme con las exigencias normativas y éticas de la prevención de riesgos laborales.

En definitiva, la evaluación y gestión del riesgo por ruido es un componente crítico e ineludible de la higiene industrial moderna. Este Trabajo Final de Máster ha demostrado que una metodología rigurosa, fundamentada en mediciones precisas y un análisis detallado por bandas de octava, es indispensable para garantizar una protección auditiva eficaz y para promover un entorno laboral que no solo cumpla con la normativa, sino que también salvaguarde la salud y el bienestar de los trabajadores. La optimización en la selección y uso de los protectores auditivos, adaptada de manera inteligente a las características específicas del ruido y a las exigencias del puesto de trabajo, es un pilar fundamental en la prevención de la hipoacusia profesional y en la mejora global de las condiciones laborales, contribuyendo a la sostenibilidad de la actividad industrial.

8. REFERENCIAS

1. LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

1. Boletín Oficial del Estado. (2006). *Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/10/286>
2. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2003). *Directiva 2003/10/CE, de 6 de febrero, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32003L0010>
3. Boletín Oficial del Estado. (2003). *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-21079>

2. RECURSOS ELECTRÓNICOS

4. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (2005). *Reducing noise at work*. <https://osha.europa.eu/en/publications/reducing-noise-work>
5. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2024). *Aplicación interactiva para el cálculo de la atenuación de los protectores auditivos*. <https://www.insst.es/documentacion/herramientas-de-prl/app/atenuacion-de-los-protectores-auditivos-2018>
6. 3M España. (s.f.). *3M™ E-A-R™ Classic™ Tapones desechables – Hoja técnica de producto*. https://www.3m.com.es/3M/es_ES/p/d/b00017635/
7. 3M Personal Safety Division. (2023). *Ficha técnica de los protectores auditivos PELTOR™ Optime II y III*.

3. NORMAS UNE E INTERNACIONALES

8. AENOR. (2020). *UNE-EN 458:2020. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento*. Asociación Española de Normalización.
9. AENOR. (2009). *UNE-EN ISO 9612:2009. Determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo. Método de evaluación de la exposición diaria al ruido*. Asociación Española de Normalización.
10. International Organization for Standardization. (2016). *ISO 1996-1:2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures*.
11. International Electrotechnical Commission. (2013). *IEC 61672-1:2013. Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*.
12. International Electrotechnical Commission. (2002). *IEC 61252:2002. Electroacoustics – Specifications for personal sound exposure meters*.

4. DOCUMENTACIÓN, GUÍAS Y NOTAS DEL INSST

13. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2022). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo*. <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/guia-tecnica-para-evaluacion-y-prevencion-de-riesgos-relacionados-con-exposicion-al-ruido-en-lugares-trabajo-ano-2022>
14. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2025). *Tema 9. Ruido. Higiene Industrial*.
<https://www.insst.es/documents/94886/4155697/Tema+9.+Ruido.pdf>
15. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1992). *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*.
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-270>
16. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1990). *NTP 275: Criterios para la selección de protectores auditivos individuales*.
https://www.insst.es/documents/94886/96076/ntp_275.pdf
17. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). *NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos*.
<https://www.insst.es/documentacion/ntp-638>
18. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2012). *NTP 947: Evaluación del riesgo por exposición al ruido. Aplicación del RD 286/2006*.
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/ntp-947.pdf>
19. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2012). *NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición*. <https://www.insst.es/documentacion/ntp-950>
20. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2012). *NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. <https://www.insst.es/documentacion/ntp-951>

5. OTROS RECURSOS

21. Universidad de Valladolid. (s.f.). *Ergonomía y Psicosociología Aplicada. Ergonomía ambiental: Ruido (Primera parte)*.
https://campusvirtual.uva.es/pluginfile.php/6509590/mod_resource/content/2/Ergonom%C3%ADA%20Ambiental.%20Primera%20parte.pdf
22. Universidad de Valladolid. (s.f.). *Higiene del Trabajo. Tema 1: Introducción*.
https://campusvirtual.uva.es/pluginfile.php/5869387/mod_resource/content/14/higtrabajo-1%20intro%20202425.pdf
23. Universidad de Valladolid. (s.f.). *Higiene del Trabajo. Tema 2: Agentes físicos. Ruido*.
https://campusvirtual.uva.es/pluginfile.php/5869389/mod_resource/content/3/higtrabajo-2%20acustica.pdf

24. Universidad de Valladolid. (2023). *Introducción al ruido en el puesto de trabajo*.
https://campusvirtual.uva.es/pluginfile.php/6455090/mod_resource/content/2/Introducci%C3%B3n%20Ruido%20en%20el%20Puesto%20de%20Trabajo%20160223.pdf
25. Universidad de Valladolid. (2023). *Protección auditiva*.
https://campusvirtual.uva.es/pluginfile.php/6455093/mod_resource/content/1/Protecci%C3%B3n%20auditiva.pdf
26. García Martín, I. (2016). *Exposición laboral al ruido: factores que afectan a la percepción del riesgo* [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid]. UVaDOC. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/19085>
27. Rodríguez González, I. (2022). *Prevención de riesgos laborales: exposición al ruido y uso de protección auditiva en el ámbito laboral* [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Valladolid]. UVaDOC.
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/70116>
28. García de Andrés, S. (2023). *Evaluación de riesgos laborales: ruido en el entorno de trabajo en un centro de mecanizado* [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid]. UVaDOC.
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/61063>

ANEXOS

ANEXO I. CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS MEDIOS MATERIALES	2
1. DOSÍMETRO CEL 350. NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN 3154216	3
1.1. <i>VERIFICACIÓN</i>	3
1.2 <i>CALIBRACIÓN</i>	4
2. DOSÍMETRO CEL 350. NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN 3154400	8
2.1. <i>VERIFICACIÓN</i>	8
2.2 <i>CALIBRACIÓN</i>	9
3. SONÓMETRO CASELLA 620B. NÚMERO DE SERIE 5011584	13
3.1. <i>VERIFICACIÓN</i>	13
3.2. <i>CALIBRACIÓN</i>	14
ANEXO II. FICHAS TÉCNICAS.....	23
3M E-A-R CLASSIC	24
3M PELTOR OPTIME	25

ANEXO I. CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS MEDIOS MATERIALES

1. DOSÍMETRO CEL 350. NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN 3154216

1.1. VERIFICACIÓN

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

Número 00592080-V

Página 1 de 1

LEAI Technological Center, S.A. [APPLUS]
DAFM nº 02-DV-0001
Ronda de la Font del Cerme, s/n
06192 Bellaterra
T +34 93 687 20 50
F +34 93 562 20 03
metrologia@applus.com
www.applus.com



INSTRUMENTO	DOSÍMETRO	
SOLICITANTE	IBERSYS SEGURIDAD Y SALUD, S.L.	
DIRECCIÓN	C/ Cartesol 11 Bajo 27002 LUGO (Lugo)	
TIPO DE ACTUACIÓN	Ensayos de verificación después de reparación según Anexo XIV de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero.	
IDENTIFICACIÓN	Dosímetro	Micrófono
Marca	CEL	CEL
Modelo	350	252
Número de serie	3154216	62579
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	2	Software V1.14
Tipo/Clase	114,0 dB	Firmware -
Nivel de referencia	50,0 - 140,0 dB	Calibración -
Rango de medida	0,1 dB	
FECHAS	Verificación 2025-01-16	Válida hasta 2026-01-16
		(el actor no lleva una especificación de reparación que obliga a esperar una verificación después de reparado o sustituido)
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE	Entrada 16-I-0022769
PRECINTADO	1, adhesivo autodestructible entre carcasa	

Salida 02-CV-0021945

SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:
Responsable Técnico

Inspector



1.2 CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION *Certificate of calibration*

Número Number **Q0592081**

Página Page **1** de **4** páginas
Page **1** of **4** pages



OBJETO <i>Item</i>	DOSÍMETRO	[Micrófono]
MARCA <i>Mark</i>	CEL	CEL
MODELO <i>Model</i>	350	252
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	3154218	82579
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	IBERSYS SEGURIDAD Y SALUD, S.L. C/ Catedral 11 Bajo 27002 LUGO (Lugo)	
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of calibration</i>	2025-01-16	
BENEFICIARIO/S AUTORIZADO/S <i>Authorized Signatory/ies</i>		
Responsable Técnico / Technical Manager	Técnico / Technischer	

Juanjo Sanz 22/01/2025 14:03:54
Código Seguro de Verificación (CSV): 719909829ROYN

Clàudia Roy Ossó
21/01/2025 10:01:32

Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 19/2005 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV).
Consulte la validez del documento en la siguiente dirección web: <https://www.applus.com/csv>



Este certificado es expedido de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades del modelo del laboratorio y su trazabilidad metodológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) o otros referentes internacionales/bases normativas [en su caso se permite la trazabilidad al SI].

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has evaluated the laboratory's

capabilities and measurement traceability and its measurement trueness to the SI system or other internationally accepted references [when tracing to the SI in particular].

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha efectuado según el procedimiento interno C2620812, basado en la norma UNE-EN 61252:1998.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura ambiente: $22 \pm 2^\circ\text{C}$
 Humedad relativa: $50 \pm 10\%$
 Presión atmosférica: $1010 \pm 2 \text{ mbar}$

CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura ambiente: 23°C
 Humedad relativa: 50%
 Presión atmosférica: 1013 mbar

TRAZABILIDAD

Patrones utilizados en la calibración

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
1023488	Generador de señal	Agilent	33220A	MV43054950	FLUKE(NL)
104902/01/11	Alejadores	CESVA	no consta	no consta	FLUKE(NL)
1023944	Multímetro	Agilent	18993A	MV51050013	FLUKE(NL)
102221	Termohigrómetro	ABK	CR 140	PR.100	INTAE(S)
P-99-025	Bárdmetro	RUSKA	622B	44142	CEM(ES)
104911	Calibrador multifunción	BBK	422B	8129180	DPLA(DK)

Patrones de referencia

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
102957	Microfono	BBK	4180	2489322	DPLA(DK)
102336	Calibrador eléctrico	FLUKE	5520A	7840008	FLUKE(NL)

INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Las incertidumbres expresadas en este documento corresponden a la incertidumbre expandida de calibración, obtenida multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02 M.

Este certificado no podrá ser representado parcialmente, ni podrá sustraerse en su totalidad, quedando reservados los derechos por escrito de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

RESULTADOS

AJUSTE AL NIVEL DE REFERENCIA

Antes de proceder a la verificación del instrumento, éste se ajusta al nivel nominal de referencia según las indicaciones del fabricante mediante un calibrador acústico.

Frecuencia (Hz)	Referencia (dB)	Lectura (dB)	Error (dB)	Ajustado (SÍ/NO)
1000,0	113,0	113,6	-0,3	NO

Incertidumbre de la medida: $\pm 0,15$ dB

FONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA (Leg)

Frec (Hz)	Nominal (dB)	Lectura (dB)	Error (dB)	Tolerancia (±dB)	Incert (±dB)
63	97,9	98,8	-1,9	2,0	0,15
125	97,9	97,5	-0,4	1,5	0,15
250	105,4	105,1	-0,3	1,5	0,15
500	110,8	110,4	-0,4	1,5	0,15
1000	113,9	113,6	-0,3	—	0,15
2000	114,8	115,0	0,2	2,0	0,20
4000	114,0	115,7	1,7	3,0	0,20
8000	109,7	109,8	0,1	5,0	0,30

Notas

Para el cálculo del nivel nóminal se han considerado las convenciones presión-campo libre proporcionadas por el fabricante para el conjunto equipo-microfono verificado.

Se ha utilizado como nivel de entrada el nivel de referencia determinado por el fabricante.

LINEAL HEAD

四

1/1

SPL (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pa·s ²)	Lectura (Pa·s ²)	Error (Pa·s ²)	Error (%)
100	180	1,20	1,20	0,08	6,0
130	90	1,00	1,00	0,03	3,0
120	45	1,00	0,70	0,19	3,0
130	18	20,00	20,00	0,08	0,4
140	8	80,00	72,11	2,11	2,3

• 67

Error máximo permitido: +26%; -21%
Incertidumbre de la medida: $\pm 3\%$

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Apple.
Los resultados que se indican se refieren únicamente al dispositivo mencionado en el boletín, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

PODERACIÓN FRECUENCIAL ELÉCTRICA (Pa²h)

Frec (Hz)	Nominal (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pa ² h)	Lectura (Pa ² h)	Error (Pa ² h)	Error (%)	Tol sup (%)	Tol inf (%)	Incert (±%)
63	110,0	10	0,2	0,19	-0,01	-5,0	50,5	-36,9	2
125	120,9	10	1,37	1,32	-0,05	-3,6	41,2	-29,2	2
250	126,4	10	7,69	7,5	-0,19	-2,5	41,2	-29,2	2
500	133,8	10	26,65	26,21	-0,44	-1,7	41,2	-29,2	2
1000	137,0	10	55,69	55,46	-0,23	-0,4	—	—	2
2000	138,2	10	73,41	72,7	-0,71	-1,0	50,5	-36,9	2,5
4000	138,0	10	70,11	65,5	-4,61	-6,8	50,5	-49,9	2,5
8000	135,9	10	43,23	24,87	-18,36	-42,5	316,0	-68,4	3,5

RESPUESTA A SEÑALES DE CORTA DURACIÓN

Se verifica la medida del dosímetro ante ráfagas de diferentes niveles y ciclos de trabajo.

Duración (ms)	Ciclo de trabajo	Nominal (dB)	SPL eq (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pa ² h)	Lectura (Pa ² h)	Error (Pa ² h)	Error (%)	Tol sup (%)	Tol inf (%)
10	0,010	115	95	285	0,10	0,10	0,00	0,0	25	-21
1	0,001	125	95	285	0,10	0,10	0,00	0,0	25	-21
1	0,001	130	100	90	0,10	0,10	0,00	0,0	41	-29
10	0,001	130	100	90	0,10	0,11	0,01	10,0	41	-29
1	0,001	140	110	9	0,10	0,12	0,02	20,0	41	-29

Incertidumbre de la medida: ± 1,8 %

RESPUESTA A IMPULSOS UNIPOLARES

Se compara la respuesta del equipo a trenes de ondas rectangulares positivas y negativas de un mismo nivel de exposición sonora (mínimo 10 Pa²h)

Frec (Hz)	Duración pulso (ms)	Tiempo (s)	Signo tren	Lectura (Pa ² h)	Diferencia (Pa ² h)	Diferencia (%)
1000	0,5	180,0	+	16,48	—	—
1000	0,5	180,0	-	16,62	0,14	0,8

Diferencia máxima permitida: +26% ; -21%

Incertidumbre de la medida: ± 2,4%

SOBRECARGA DE ENGANCHE

Se comprueba que el dosímetro no marca sobrecarga cuando es sometido a su nivel máximo nominal, pero si cuando se incrementa el nivel de entrada en 3 dB.

Frec (Hz)	Tren (ms)	Tiempo (s)	Nivel (dB)	Sobrecarga (Sí/No)
1000	4	10	140,0	No
1000	4	10	143,0	Sí

Incertidumbre de la medida: ± 0,12 dB

Este certificado no podrá ser reproducible parcialmente, excepto cuando se hace sabernde previamente permiso por escrita de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

2. DOSÍMETRO CEL 350. NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN 3154400

2.1. VERIFICACIÓN

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

Número 00592082-V
Página 1 de 1

LBAI Technological Center, S.A. [APPLUS]

DAVd nº 02-DV-0001

Bonilla de la Font del Cerme, s/n

08192 Bellaterra

T +34 93 687 20 60

F +34 93 547 20 61

metrologia@aplus.com

www.aplus.com



INSTRUMENTO	DOSÍMETRO														
SOLICITANTE	DELEGACIÓN SANTANDER (CANTABRIA)														
DIRECCIÓN	C/ HERMANOS CALDERÓN, 24-26 39011 SANTANDER (CANTABRIA)														
TIPO DE ACTUACIÓN	Ensayo de verificación periódica según Anexo XIV de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero.														
IDENTIFICACIÓN	<table><thead><tr><th></th><th>Dosímetro</th><th>Micrófono</th></tr></thead><tbody><tr><td>Marca</td><td>CEL</td><td>CEL</td></tr><tr><td>Modelo</td><td>350</td><td>252</td></tr><tr><td>Número de serie</td><td>3154400</td><td>55260</td></tr></tbody></table>				Dosímetro	Micrófono	Marca	CEL	CEL	Modelo	350	252	Número de serie	3154400	55260
	Dosímetro	Micrófono													
Marca	CEL	CEL													
Modelo	350	252													
Número de serie	3154400	55260													
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	Type/Clase	2	Software V1.14												
	Nivel de referencia	114,0 dB	Firmware -												
	Rango de medida	50,0 - 140,0 dB	Calibración -												
	Resolución	0,1 dB													
FECHAS	Verificación	Válida hasta	(el acto no lleva una operación de reposición que obliga a esperar una verificación después de reposición o autorización)												
	2025-01-15	2026-01-15													
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE	Entrada -													
PRECINTADO	1, adhesivo autodestructible entre carcasa														
	Salida -														

SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:
Responsable Técnico

Inspector



2.2 CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION *Certificate of calibration*

Número 00592083
Number 00592083
Página 1 de 4 páginas
Page 1 of 4 pages



OBJETO /Item	DOSÍMETRO	[Micrófono]
MARCA /Mark	CEL	CEL
MODELO /Model	350	252
IDENTIFICACIÓN /Identification	3154400	55260
SOLICITANTE /Applicant	DELEGACION SANTANDER (CANTABRIA) C/ HERMANOS CALDERON, 24-26 39011 SANTANDER (CANTABRIA)	
FECHA/B DE CALIBRACIÓN /Date/s of calibration	2025-01-15	
BENEFICIARIO/A AUTORIZADO/A /Authorized signatory/ee	Juanjo Sanz 16/01/2025 09:17:46 Código Seguro de Verificación (CSV): 972634136RZFP	Clàudia Roy Ossó 15/01/2025 16:01:38
Responsable técnico / Technical Manager	Técnico / Technician	

Juanjo Sanz 16/01/2025 09:17:46
Código Seguro de Verificación (CSV): 972634136RZFP
Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 39/2015 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV).
Consulta la validez del documento en la siguiente dirección: <https://www.applus.com/csv>



Este certificado es expedido de acuerdo con las condiciones de la acreditación otorgada por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad mediante el Sistema Internacional de Unidad (SI) o otros referencias. Información técnica suministrada (en su caso se incluye la trazabilidad al SI).

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has evaluated the laboratory's methods and measurement capabilities and its measurement traceability to the SI system of units or other International reference (through a chain of traceability) (SI in parentheses).

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha efectuado según el procedimiento interno C2620812, basado en la norma UNE-EN 61252:1998.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura ambiente: $22 \pm 2^\circ\text{C}$
 Humedad relativa: $50 \pm 10\%$
 Presión atmosférica: $1012,1 \pm 2 \text{ mbar}$

CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura ambiente: 23°C
 Humedad relativa: 50%
 Presión atmosférica: 1013 mbar

TRAZABILIDAD

Patrones utilizados en la calibración

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
102498	Generador de señal	Agilent	33220A	MY43064950	FLUKE(NL)
104902/01/11	Atenasores	CESVA	no consta	no consta	FLUKE(NL)
102894A	Multímetro	Agilent	168003A	MY51050013	FLUKE(NL)
102221	Termohigrómetro	ABA	CR 140	PR.100	INTA(ES)
P-99-025	Bárdmetro	RUSKA	6220	44140	CEM(ES)
104911	Calibrador multifunción	BRK	4225	8125180	DPLA(DI)

Patrones de referencia

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
102957	Microfono	BRK	4180	2488922	DPLA(DI)
102236	Calibrador eléctrico	FLUKE	5520A	7840006	FLUKE(NL)

INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Las incertidumbres expresadas en este documento corresponden a la incertidumbre extendida de calibración, obtenida multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02 M.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, ni tampoco sucede en la forma sistemática producirse la misma por escrito sin Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

RESULTADOS

AJUSTE AL NIVEL DE REFERENCIA

Antes de proceder a la verificación del instrumento, éste se ajusta al nivel nominal de referencia según las indicaciones del fabricante mediante un calibrador acústico.

Frecuencia (Hz)	Referencia (dB)	Lectura (dB)	Error (dB)	Ajustado (SÍ/NO)
1000.0	113.9	114.3	0.4	NO

Insert volumen de la medición ± 0.15 ml

ESTIMACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA (log)

Frec (Hz)	Nominal (dB)	Lectura (dB)	Error (dB)	Tolerancia (±dB)	Insert (±dB)
63	97,8	97,8	-0,2	2,0	0,15
125	97,9	98,2	0,3	1,5	0,15
250	105,4	105,7	0,3	1,5	0,15
500	110,8	111,1	0,3	1,5	0,15
1000	113,9	114,3	0,4	—	0,15
2000	114,8	115,6	0,8	2,0	0,20
4000	114,0	115,8	1,8	3,0	0,20
8000	108,7	109,9	0,2	5,0	0,30

四

Para el edificio del nivel nominal se han considerado las conexiones presión-campo libre proporcionadas por el fabricante para el conjunto equiole-antirrobo verificado.

Se ha utilizado como nivel de entrada el nivel de referencia declarado por el fabricante.

LINEAL HEAD

13 / 16

138

SPL (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pg/h)	Lectura (Pg/h)	Error (Pg/h)	Error (%)
120	180	1,00	0,20	0,08	8,0
130	90	1,00	1,00	0,04	4,0
130	45	1,00	5,21	0,21	4,2
130	18	80,00	26,90	0,98	3,7
140	—	80,00	52,34	2,33	4,5

• 102

SPL (dB)	Therapía (s)	Momancia (Pa·m²)	Lectura (Pa·m²)	Error (Pa·m²)	Error (%)	Error (Pa·m²)
180	90	0,18	0,10	0,08	8,3	-2,4
110	90	1,00	1,00	0,05	5,0	-
120	9	1,00	1,00	0,05	5,0	-1,0
120	9	10,00	10,00	0,05	0,5	-2,3

Error máximo permitido: +25%; -21%
Incertidumbre de la medida: $\pm 3\%$

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Apple.
Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a análisis, en el momento y las condiciones en que se realizaron las mediciones.

PODERACIÓN FRECUENCIAL ELÉCTRICA (Pa^2h)

Frec (Hz)	Nominal (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pa^2h)	Lectura (Pa^2h)	Error (%)	Error (%)	Tol sup (%)	Tol Inf (%)	Incert (±%)
63	110,0	10	0,20	0,20	0,00	0,0	58,5	-36,9	2
125	120,0	10	1,37	1,33	-0,04	-2,9	41,2	-29,2	2
250	128,4	10	7,69	7,53	-0,16	-2,1	41,2	-29,2	2
500	133,8	10	26,65	26,33	-0,32	-1,2	41,2	-29,2	2
1000	137,0	10	55,69	55,69	0,00	0,0	—	—	2
2000	138,2	10	73,41	73,17	-0,24	-0,3	58,5	-36,9	2,5
4000	138,0	10	70,11	65,77	-4,34	-6,2	99,5	-49,9	2,5
8000	135,9	10	43,23	24,97	-18,26	-42,2	316,0	-68,4	3,5

RESPUESTA A SEÑALES DE CORTA DURACIÓN

Se verifica la medida del dosímetro ante réflejos de diferentes niveles y ciclos de trabajo.

Duración (ms)	Ciclo de trabajo	Nominal (dB)	SPL eq (dB)	Tiempo (s)	Nominal (Pa^2h)	Lectura (Pa^2h)	Error (%)	Error (%)	Tol sup (%)	Tol Inf (%)
10	0,010	115	95	285	0,10	0,10	0,00	0,0	28	-21
1	0,001	125	95	285	0,10	0,10	0,00	0,0	26	-21
1	0,001	130	100	90	0,10	0,10	0,00	0,0	41	-29
10	0,001	130	100	90	0,10	0,11	0,01	10,0	41	-29
1	0,001	140	110	9	0,10	0,12	0,02	20,0	41	-29

Incertidumbre de la medida: ± 1,8 %

RESPUESTA A IMPULSOS UNIPOLARES

Se compara la respuesta del equipo a trenes de ondas rectangulares positivas y negativas de un mismo nivel de exposición sonora (mínimo 10 Pa^2h)

Frec (Hz)	Duración pulso (ms)	Tiempo (s)	Signo tren (dB)	Lectura (Pa^2h)	Diferencia (Pa^2h)	Diferencia (%)
1000	0,5	180,0	+	16,38	—	—
1000	0,5	180,0	-	16,74	0,36	2,2

Diferencia máxima permitida: +26% ; -21%

Incertidumbre de la medida: ± 2,4%

SOBRECARGA DE ENGANCHE

Se comprueba que el dosímetro no marca sobrecarga cuando es sometido a su nivel máximo nominal, pero si cuando se incrementa el nivel de entrada en 3 dB.

Frec (Hz)	Tren (ms)	Tiempo (s)	Nivel (dB)	Sobrecarga (SÍ/NO)
1000	4	10	140,0	NO
1000	4	10	143,0	SÍ

Incertidumbre de la medida: ± 0,12 dB

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haga saberde previamente permiso por escrita de Appplus.
Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

3. SONÓMETRO CASELLA 620B. NÚMERO DE SERIE 5011584

3.1. VERIFICACIÓN

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

Número 23/34503740-V

Página 1 de 1



INSTRUMENTO	SONÓMETRO		
SOLICITANTE	IBERSYS SEGURIDAD Y SALUD, S.L.		
DIRECCIÓN	C/ Cetazol 11 Baja 27002 LUGO (Lugo)		
TIPO DE ACTUACIÓN	Entrega de verificación periódica según Anexo XIV de la Orden ECT/155/2020, de 7 de febrero		
IDENTIFICACIÓN	Sonómetro Marca CEL Modelo 620 serie 610/620 Número de serie 5011584	Micrófono CEL 252 21055	Presamplificador <input type="checkbox"/> No consta <input type="checkbox"/> No consta
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	Tipo/Clase 2 Nivel de referencia 94,0 dB Rango de medida 30,0 - 141,0 dB Resolución 0,1 dB	Software 023-07 Firmware - Chevrolet -	(Si existe no hay que especificar de reproducción que estipula o impone una medición después de reproducción o modificación)
FECHAS	Verificación 2023-01-26	Válido hasta 2024-01-26	—
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE	Entrada —	—
PRECINTADO	2, tambores traseros superiores	Salida —	—

SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:
Responsable Técnico

Inspector



Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado

las capacidades de medida del laboratorio y su transmisión metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin permiso por escrito de Applus+.

3.2. CALIBRACIÓN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN *Certificate of calibration*

Número
Number 29/34503740
Página 1 de 9 páginas
Page 1 of 9 pages

LIAI Technological Center, S.A. (APPLUS)

Ronda de la Font del Carme, s/n
08133 Bellaterra
T +34 93 617 20 60
F +34 93 617 20 01
mailto:metrologia@applus.com
www.applus.com



OBJETO <i>Item</i>	SONÓMETRO <i>Sonometer</i>	[Micrófono] <i>[Microphone]</i>	[Preamplificador] <i>[Preamplifier]</i>
MARCA <i>Mark</i>	CEL	CEL	_No consta
MODELO <i>Model</i>	6X0 serie 610/620 (Type 2)	252	_No consta
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	5011584	21055	
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	IBERSYS SEGURIDAD Y SALUD, S.L. C/ Católico 11 Bajo 27002 LUGO (Lugo)		
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of calibration</i>	2023-01-26		
SIGNATARIO/S AUTORIZADO <i>Authorized signatory/ies</i>	Juanjo Sanz 26/01/2023 14:01:17 Código Seguro de Verificación (CSV): 787861711PSH0	Jordi Messeguer Morales 26/01/2023 13:01:40	
Responsable técnico / Technical Manager	Técnico / Technician		

Juanjo Sanz 26/01/2023 14:01:17

Código Seguro de Verificación (CSV): 787861711PSH0

Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV).
Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <https://apps.applus.solutions/metrosign/>

Este certificado se emite en acuerdo con las condiciones de la autorización concedida por ENAC, que ha asegurado la competencia de medida del laboratorio y su legalidad
a través de su red. Se refiere específicamente al instrumento indicado.
ENAC es firmante del acuerdo de medida internacional ILAC [ILAC] de certificación de laboratorios de la Comisión Europea para Acreditación (EA) y de laboratorios internacionales
Laboratorio Acreditado por operación (LAOC).
Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con la prior escrita y previa autorización para su uso de Applus.

This certificate is issued in accordance with the conditions of measurement granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its
legality through its network. It refers specifically to the instrument which has been calibrated.
ENAC is a signatory of the International Measurement System (ILAC) of certification of laboratories of the European Cooperation for Accreditation (EA) and international
Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha efectuado según el procedimiento Interno C2620818, basado en la norma UNE-EN 61672-3:2014.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura ambiente: $22 \pm 2^\circ\text{C}$
 Humedad relativa: $50 \pm 10\%$
 Presión atmosférica: $1000 \pm 2 \text{ mbar}$

CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura ambiente: 23°C
 Humedad relativa: 50%
 Presión atmosférica: 1013 mbar

TRAZABILIDAD

Patrones utilizados en la calibración

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
102941	Calibrador multifunción	BBK	4225	2546173	DPLA(DIC)
1029488	Generador de señal	Agilent	33220A	NY4404002D	FLUKE(NL)
102845746/41	Alejadores	CESVA	no consta	no consta	FLUKE(NL)
1028944	Multímetro	Agilent	U6903A	HY51050013	FLUKE(NL)
102821	Termohigrómetro	AB1	CR 140	PR.100	INTA(ES)
P-99-025	Báremetro	RUSKA	6220	44142	CEM(ES)

Patrones de referencia

Inventario	Descripción	Marca	Modelo	Nº serie	Trazabilidad
102957	Microfono	BBK	4180	2489322	DPLA(DIC)
102236	Calibrador eléctrico	FLUKE	5520A	7840008	FLUKE(NL)

INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Las incertidumbres expresadas en este documento corresponden a la incertidumbre expandida de calibración, obtenida multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02 M.

NOTAS

- UMP Incertidumbre Máxima Permitida para la medida del error, de acuerdo con la norma.
 U Incertidumbre de medida obtenida durante el ensayo.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, ni podrá sustraerse ni hacerse nula por cualquier procedimiento permitido por leyes o reglas.

Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

RESULTADOS

Las tolerancias expresadas en este capítulo son las prescritas por las normas de referencia para cada uno de los ensayos que se resumen a continuación.

PROPIEDADES ACÚSTICAS

LECTURA AL NIVEL DE REFERENCIA

El nivel de referencia del sonómetro se verifica aplicando una señal de 1kHz y nivel indicado en la tabla, mediante un calibrador de referencia.

Frecuencia (Hz)	Nivel de referencia (dB)	Lectura (dB)	Desviación (dB)
1000,0	93,7	93,8	0,1

Valores en condiciones de calibración

Incertidumbre de la medida: $\pm 0,15$ dB

RESPUESTA FRECUENCIAL

La respuesta frecuencial se verifica en campo libre o mediante el método alternativo indicado por el fabricante del instrumento, en cuyo caso se aplican correcciones típicas.

El ensayo se ha realizado en LCF, o en LAF si el instrumento no dispone de la ponderación C

Los resultados están expresados en dB

Contador de ajustes:

Tabla de valores

Nominal	Nominal	Lectura	Error	Tol+	Tol-
31,5	90,9	91,0	0,0	3,0	3,0
63	93,2	93,4	0,2	2,0	2,0
125	93,8	94,0	0,2	1,5	1,5
250	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
500	93,8	94,0	0,0	1,5	1,5
1000	93,7	93,8	0,1	1,0	1,0
2000	93,2	93,4	0,2	2,0	2,0
4000	92,1	92,2	0,1	3,0	3,0
8000	87,5	87,8	0,3	5,0	5,0
12500	80,9	79,8	-1,1	5,0	100,0

U: UMP:
 31,5 Hz a 63 Hz: $\pm 0,30$ dB $\pm 0,60$ dB
 125 Hz a 2 kHz: $\pm 0,20$ dB $\pm 0,60$ dB
 4 kHz a 8 kHz: $\pm 0,30$ dB $\pm 0,70$ dB
 12,5 kHz: $\pm 0,50$ dB $\pm 1,00$ dB

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se hace saberde previamente permiso por escrito de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Nota: Para los ensayos eléctricos no se han tenido en cuenta las correcciones debidas a la difracción del cuerpo del sonómetro.

RUIDO DE FONDO

Se comprueba que tanto los niveles de ruido de fondo total como eléctrico se encuentren por debajo de los declarados por el fabricante.

Los resultados están expresados en dB.

Ponderación frecuencial	Ruido total declarado	Lectura ruido total	Ruido eléctrico declarado	Lectura ruido eléctrico
A	25,0	18,8	25,0	18,5
C	N/A	N/A	29,0	22,1
Z	N/A	N/A	37,0	27,6

U: ±0,20 dB

Nota: La norma no establece tolerancia ni UMP para esta característica.

PODERACIONES FRECUENCIALES

Las ponderaciones en frecuencia se verifican eléctricamente al nivel de referencia del equipo.
No se han aplicado correcciones debidas al efecto del cuerpo del sonómetro.

Los resultados están expresados en dB.

Ponderación A

Frec (Hz)	Nominal	Lectura	Error	Tol. sup.	Tol. inf.
63	67,8	67,8	0,0	2,0	2,0
125	77,9	77,9	0,0	1,5	1,5
250	85,4	85,4	0,0	1,5	1,5
500	90,6	90,6	0,0	1,5	1,5
1000	94,0	94,0	0,0	1,0	1,0
2000	95,2	95,2	0,0	2,0	2,0
4000	95,0	94,9	-0,1	3,0	5,0
8000	92,9	92,5	-0,4	5,0	5,0

U: ±0,15 dB

UMP: 0,6 dB (<4kHz); 0,7 dB (>4 a 10kHz); 1,0 dB (>10kHz)

Ponderación C

Frec (Hz)	Nominal	Lectura	Error	Tol. sup.	Tol. inf.
63	93,2	93,2	0,0	2,0	2,0
125	93,8	93,8	0,0	1,5	1,5
250	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
500	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
1000	94,0	94,0	0,0	1,0	1,0
2000	93,8	93,8	0,0	2,0	2,0
4000	93,2	93,1	-0,1	3,0	5,0
8000	91,0	90,6	-0,4	5,0	5,0

U: ±0,15 dB

UMP: 0,6 dB (<4kHz); 0,7 dB (>4 a 10kHz); 1,0 dB (>10kHz)

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haga saberde previamente permiso por escrito de Applus.

Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

Ponderación Z

Frec (Hz)	Nominal	Lectura	Error	Tol. sup.	Tol. Inf.
63	94,0	94,0	0,0	2,0	2,0
125	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
250	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
500	94,0	94,0	0,0	1,5	1,5
1000	94,0	94,0	0,0	1,0	1,0
2000	94,0	94,0	0,0	2,0	2,0
4000	94,0	94,0	0,0	3,0	5,0
8000	94,0	93,9	-0,1	5,0	5,0

U: ±0,15 dB

UMP: 0,6 dB (≤ 4 kHz); 0,7 dB (>4 a 10kHz); 1,0 dB (>10kHz)

PODERACIÓN FRECUENCIAL Y TEMPORAL A 1 kHz

Las ponderaciones en frecuencia se verifican eléctricamente al nivel de referencia del equipo.
 Se comprueba la diferencia de nivel entre las diferentes ponderaciones A, C y Z.
 Los resultados están expresados en dB.

Ponderación	Lectura	Error	Tolerancia (±)
A	94,0	—	—
C	94,0	0,0	0,2
Z	94,0	0,0	0,2

U: ±0,1 dB

UMP: ±0,2 dB

Las ponderaciones temporales se verifican eléctricamente al nivel de referencia del equipo.
 Se comprueba la diferencia de nivel entre las diferentes ponderaciones temporales y el promediado temporal Leq.
 Los resultados están expresados en dB.

Ponderación	Lectura L ^A	Lectura L ^C	Lectura L ^{eq}	Diferencia L ^A -L ^C	Diferencia L ^A -L ^{eq}	Diferencia L ^C -L ^{eq}
A	94,0	94,0	94,0	0,0	0,0	0,0
C	94,0	94,0	94,0	0,0	0,0	0,0
Z	94,0	94,0	94,0	0,0	0,0	0,0

U: ±0,1 dB

Tolerancia: ± 0,1 dB

UMP: ±0,2 dB

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Arplus.
 Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

LINEALIDAD EN EL RANGO DE REFERENCIA

La prueba de linealidad se verifica en el rango de referencia del equipo, respecto al nivel de referencia.

Frecuencia de ensayo: 8 kHz

Los resultados están expresados en dB.

Nominal	Lectura	Error abs	Error dif
138,0	137,9	-0,1	0,0
137,0	136,9	-0,1	0,0
136,0	135,9	-0,1	0,0
135,0	134,9	-0,1	0,0
134,0	133,9	-0,1	0,0
133,0	132,9	-0,1	0,0
132,0	132,0	0,0	0,1
131,0	131,0	0,0	0,0
130,0	130,0	0,0	0,0
125,0	125,0	0,0	0,0
120,0	120,0	0,0	0,0
115,0	115,0	0,0	0,0
110,0	110,0	0,0	0,0
105,0	105,0	0,0	0,0
100,0	100,0	0,0	0,0
93,0	93,0	0,0	0,0
90,0	90,0	0,0	0,0
85,0	85,0	0,0	0,0
80,0	80,0	0,0	0,0
75,0	75,0	0,0	0,0
70,0	70,0	0,0	0,0
65,0	65,0	0,0	0,0
60,0	60,0	0,0	0,0
55,0	55,0	0,0	0,0
50,0	50,0	0,0	0,0
45,0	45,1	0,1	0,1
40,0	40,1	0,1	0,0
35,0	35,1	0,1	0,0
34,0	34,1	0,1	0,0
33,0	33,2	0,2	0,1
32,0	32,3	0,3	0,1
31,0	31,3	0,3	0,0
30,0	30,3	0,3	0,0

Tolerancia error absoluto: $\pm 1,1$ dB

Tolerancia error diferencial: $\pm 0,5$ dB

U: $\pm 0,2$ dB

UMT: $\pm 0,3$ dB

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se hace citada la previa autorización por escrito de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

RESPUESTA AL IMPULSO

Las constantes de tiempo y el nivel de exposición sonora se verifican con una señal de tren de ondas de 4 kHz, al nivel de la señal de referencia y con una duración según se especifica en las tablas.

Los resultados están expresados en dB. U: $\pm 0,15$ dB UMP: $\pm 0,3$ dB

Constante de tiempo FAST

Nivel nominal	Duración (ms)	Lectura medida	Diferencia nominal	Diferencia obtenida	Error	Tolerancia superior	Tolerancia inferior
138,0	200,0	136,9	-1,0	-1,1	-0,1	1,0	1,0
138,0	2,0	119,9	-18,0	-18,1	-0,1	1,0	2,5
138,0	0,2	110,7	-27,0	-27,3	-0,3	1,5	5,0

Constante de tiempo SLOW

Nivel nominal	Duración (ms)	Lectura medida	Diferencia nominal	Diferencia obtenida	Error	Tolerancia superior	Tolerancia inferior
138,0	200,0	130,5	-7,4	-7,5	-0,1	1,0	1,0
138,0	2,0	110,9	-27,0	-27,1	-0,1	1,0	2,5

Nivel de exposición sonora (LAE)

Nivel	Duración	Lectura	Diferencia	Diferencia	Error	Tolerancia	Tolerancia
138,0	200,0	131,0	-7,0	-7,0	0,0	1,0	1,0
138,0	2,0	110,9	-27,0	-27,1	-0,1	1,0	2,5
138,0	0,2	101,8	-36,0	-36,2	-0,2	1,5	5,0

Este certificado no podrá ser reproducido para su venta, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

DETECTOR DE PICO

El detector de pico se verifica mediante varias señales de ensayo, con un nivel 8 dB por debajo del límite superior del detector declarado por el fabricante:

- Un ciclo completo extraído de una señal continua de referencia de 6 kHz.
- Dos semiciclos (positivo y negativo) extraídos de una señal continua de 500 Hz.

Se comprueban las diferencias respecto al nivel de la señal continua, y se anotan las posibles indicaciones de sobrecarga.

Los resultados están expresados en dB.

Punto ensayo	Nivel Nominal	Lectura C pico	Diferencia nominal	Diferencia obtenida	Error	Tolerancia superior	Tolerancia inferior	OVLD
Ciclo	131,0	134,3	3,4	3,3	-0,1	3,0	-3,0	NO
Positivo	135,0	137,2	2,4	2,2	-0,2	2,0	-2,0	NO
Negativo	135,0	137,2	2,4	2,2	-0,2	2,0	-2,0	NO

U: $\pm 0,20$ dB

UMP: $\pm 0,35$ dB

INDICADOR DE SOBRECARGA

El indicador se verifica comprobando que el nivel de señal para el cual se muestra una primera indicación de sobrecarga (OVLD) coincide para señales de ensayo positivas y negativas, dentro de las tolerancias especificadas por la norma. Se comprueba que se mantiene la indicación (hold) y que se reinicia al inicio de una nueva medida (reset).

Señal de ensayo: semiciclos positivo y negativo extraídos de una señal continua de 4 kHz.

Los resultados están expresados en dB.

OVLD positivo	OVLD negativo	Diferencia obtenida	Tolerancia superior	Tolerancia inferior	HOLD	RESET
139,6	139,6	0,0	1,5	-1,5	sí	sí

U: $\pm 0,20$ dB

UMP: $\pm 0,25$ dB

Este certificado no podrá ser reproducido para su inserción, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus. Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a certificación, en el momento y en las condiciones en que se realizan las mediciones.

ESTABILIDAD A LARGO PLAZO

Se mide la diferencia entre las indicaciones inicial y final del nivel de sonido LAF a 1 kHz de un valor correspondiente al nivel de referencia tras un período de funcionamiento continuo de 30 minutos.

Los resultados están expresados en dB.

Lectura Inicial	Lectura Final	Error	Tolerancia Superior	Tolerancia Inferior
94,0	94,0	0,0	0,3	-0,3

U: $\pm 0,08$ dB

UMP: $\pm 0,10$ dB

ESTABILIDAD A NIVELES ELEVADOS

Se comprueba la capacidad del sonómetro para funcionar continuamente en respuesta a niveles de señal elevados, sin cambios significativos en la sensibilidad, a partir de la diferencia entre los niveles de sonido con ponderación A indicados en respuesta a una señal eléctrica de 1 kHz continua al comienzo y al final de un período de 5 min de exposición continua a la señal.

Los resultados están expresados en dB.

Lectura Inicial	Lectura Final	Error	Tolerancia Superior	Tolerancia Inferior
139,0	139,0	0,0	0,3	0,3

U: $\pm 0,08$ dB

UMP: $\pm 0,10$ dB

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Appplus.
Los resultados que se indican se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones.

ANEXO II. FICHAS TÉCNICAS

3M E-A-R CLASSIC

**3M™ E-A-R™
Classic™ Tapones**

Hoja de datos técnicos

Descripción del producto

Los tapones 3M™ E-A-R™ Classic™ son desechables y se han diseñado para insertarlos en el canal auditivo con el objetivo de reducir la exposición a niveles de ruido perjudiciales. Estos productos están disponibles en versión con cordón y sin cordón.

Estos tapones pueden utilizarse como protección en entornos de ruido moderado a alto y proporcionan una protección eficaz con todas las frecuencias de prueba. La versión sin cordón también está disponible en el formato de dispensador de tapones 3M™ EAR One-Touch™ Pro.

Características principales

- SNR 31 dB
- El SNR es el mismo para los modelos con cordón y sin cordón, consulte la tabla de atenuación completa
- La espuma patentada de absorción de energía y recuperación lenta ayuda con el ajuste de los tapones
- La espuma de recuperación lenta facilita la inserción
- La espuma blanda y flexible se adapta a la forma del canal auditivo para ofrecer comodidad y facilidad de uso
- Su resistencia a la humedad reduce la probabilidad de que se hinchen por absorción de humedad, lo que minimiza la necesidad de volver a colocar el tapón con frecuencia
- Disponibles en versiones sin cordón (PP-01-002) y con cordón (311-1102)
- Compatibles con el sistema de validación para los dos oídos 3M™ E-A-Rfit™

Normas y homologación:

Este producto se ajusta a las directivas o reglamentos correspondientes para cumplir con los requisitos de la marca CE y/o UKCA.

El texto completo de la Declaración de conformidad se encuentra disponible en la siguiente dirección de Internet: www.3M.com/hearing/certs.

Materiales

Tapones	PVC (exclusiva espuma de polímero de recuperación lenta)
Cordón	PVC reciclado

Aviso importante

El uso del producto de 3M descrito en este documento expresa que el usuario posee experiencia previa con este tipo de producto y que solo lo utilizará un profesional competente. Antes de usar este producto de cualquier forma, se recomienda realizar unas cuantas pruebas para validar su rendimiento en la aplicación prevista. Toda la información y los detalles de especificaciones contenidos en este documento son inherentes a este producto específico de 3M y no se aplican a otros productos o entornos. Toda acción o uso de este producto que infrinja el contenido de este documento supondrá un riesgo para el usuario. El cumplimiento de la información y las especificaciones relativas al producto de 3M contenidas en este documento no exime al usuario de cumplir otras directrices (normas de seguridad, procedimientos, etc.). Se debe observar en todo momento el cumplimiento de los requisitos operativos, sobre todo los relativos al entorno y al uso de los sistemas de control del producto y el grupo (que puede verificar si controla tales elementos) no será responsable de las consecuencias de cualquier infracción de dichas normas, que permanecerán sujetas a su decisión y control. Las condiciones de la garantía de los productos de 3M se determinan mediante los documentos del contrato de venta y la cláusula obligatoria de aplicación, que excluye cualquier otra garantía o compensación.

División de Seguridad Personal

3M España, S.L.
c/ Juan Ignacio Luca de Tena 10-25
Madrid, 28027 España
Tel: 91 722 4075
E-mail: spainsecurity@3m.es
www.3M.com/es/securidad

Versión 4
Esta versión constituye el documento único aplicable a los productos desde su fecha de publicación.

© 3M 2023

3M, E-A-R, E-A-Rfit, Classic y One Touch son marcas comerciales de 3M Company. Todos los derechos reservados.

3M PELTOR OPTIME

3M Science.
Applied to Life.™

Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™

Hoja de datos técnicos

Descripción del producto

Las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ están disponibles en una variedad de diseños, amplio rango, plegable o montada en casco. Estos productos están diseñados para proporcionar niveles de atenuación de moderados a muy altos que satisfacen las necesidades de una amplia gama de aplicaciones industriales.

Ajústense a un valor de atenuación que varía entre un SNR de 25 dB y un SNR de 36 dB, pueden satisfacer las necesidades de una amplia gama de entornos ruidosos.

La variedad resultante en azules está diseñada para adaptarse a una amplia variedad de usos de seguridad industrial (consulte más detalles a continuación).

Características principales

- Diseño ligero de perfil bajo (peso neto típico 100 g)
- Los auriculares de sellado están disponibles en una combinación de líquido y espuma en la mayoría de los modelos o solo espuma en el modelo de espuma suave; consulte el tipo de modelo para obtener más información
- El diseño de sellado de acero Inoxidable ayuda a mantener una presión constante durante el tiempo de uso
- El gran espacio en el interior de los auriculares reduce la sensación de calor y humedad
- Las almohadillas suaves y gruesas ayudan a reducir la presión en los oídos y mejoran el confort y la facilidad de uso
- Las almohadillas e inserciones reemplazables están disponibles por separado para aumentar la vida útil de las orejeras
- La versión montada en casco se adapta directamente a muchas cascos de seguridad industrial sin necesidad de utilizar un adaptador
- Las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ cuentan con un diseño de casquillo doble que ayuda a mejorar la atenuación en frecuencias más bajas
- Algunos modelos están disponibles en un color de alta visibilidad para mejorar la visibilidad en entornos de trabajo



3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras
(versión básica)



3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras
(versión manteca en seco)



3M™ PELTOR™ Optime™ IV Orejeras
(versión manteca en seco)

Combinación aprobada de la versión montada en casco:

Marcas de cascos	Número de modelo	Ajustador P3	Orejeras 2M™ PELTOR® Optime™ I	Orejeras 3M™ PELTOR® Optime™ II	Orejeras 3M™ PELTOR® Optime™ III
3M	Almíbar AH1, AH4	AE	ML	ML	L
3M	Almíbar AH7	AG	ML	ML	L
3M	Almíbar HT-701, HT-702, HT-706	AE	ML	ML	L
3M	Almíbar HT-707	AE	ML	ML	L
3M	Arbol de madera G800	E	SML	SML	SML
3M	Versaflo M-108 y M-107	AF	ML	ML	ML
3M	Versaflo M-208 y M-207	AF	ML	ML	ML
3M	Pantalla de solamente Speedglas® 9100 MP	AF	ML	ML	ML
3M	GZU00	K	SML	SML	SML
3M	Q22 (combilación b44ev)	E	SML	SML	SML
3M	G3000	E	SML	SML	SML
3M	G3601	E	SML	SML	SML
3M	H-700	E	ML	SML	L
Autosealz	Brenva	F	SML	SML	SML
Autosealz	Fendales	F	SML	SML	SML
Autosealz	Iris	E	ML	ML	ML
Autosealz	Iris Z	E	ML	ML	ML
Autosealz/Beybel	KARA	E	SML	SML	ML
Centurion	1000/ARCO tipo E	H	SML	SML	ML
Centurion	1000/ARCO Plus	H	SML	SML	SML
Centurion	1540/ARCO	A	ML	ML	ML
Centurion	Concept	E	SML	SML	S
Grelle	Balance	E	ML	ML	ML
Grelle	Balance AC	E	ML	ML	ML
Grelle	Balance HD	M	SML	SML	SML
Grelle	Relaxto	E	SML	SML	SML
JSP	EVOLITE	E	ML	ML	L
JSP	MK8/MKTR	E	SML	SML	L
JSP	MK9	E	L	ML	L
Kennis	Top Cap	A	SML	SML	SML
LAS	LP2008	E	SML	SML	SML
LAS	LP2009	E	SML	SML	SML
MSA	Super V-Gard II	E	SML	SML	SML
MSA	V-Gard	E	SML	SML	SML
Petzl	Vertex	E	SML	SML	SML
Protectair/Scotti	Style 300*	E	SML	SML	SML
Protectair/Scotti	Style 600	E	SML	SML	SML
Protectair/Scotti	Tuffnecker II	E, G	ML	ML	ML
Rosner	Breve Z Nemz	B	SML	SML	SML
Rosner	Manus Top 2 Años Nemz	B	SML	SML	SML
Rosner	R2 Años Nemz	BB	SML	SML	SML
Rosner	Profil Expe	E	SML	SML	SML
Rosner	Profil Manz	E	SML	SML	SML
Rosner	Top Expe Altes	B	SML	SML	SML
Schubert	BER	BB	SML	SML	SML
Schubert	BER 2	E	SML	SML	SML
Schubert	BER20/WPC50	EA	SML	SML	SML
Schubert	BCP 2	B	SML	SML	SML
Schubert	Plenair	B	SML	SML	SML

*El estile de protectair 300 incluye todas las 800 versiones de este modelo.

Combinación aprobada de la versión montada en casco:

Marcas de cascos	Número de modelo	Ajustador P3	Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ I	Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ II	Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ III
Schuberth	SH 91/WPL01	ES	SML	SML	SML
Schuberth	SWI	ES	ML	ML	ML
Safep.Takipci	Oceanic	E	ML	ML	ML
Safep.Takipci	Dyna	E	ML	ML	ML
Uvex	Alwing	E	SML	SML	SML
Voss	Inap 88	E	SML	SML	SML
Voss	Inap Master	E	ML	ML	ML
Voss	Inap PG2	Q	ML	ML	ML
Voss	Inap Star	E	ML	ML	ML

Peso

Modelo	Peso (gramos)
3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (H30DA)	190
3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (H30DF)	190
3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (H30DH)	198
3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (H30DHD)	198
3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (H520A)	210
3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (H520F)	230
3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (H520B)	198
3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (H520PB)	238
3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (H540A)	285
3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (H540E)	270
3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (H540P)	310

Normas y homologaciones:

Las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ están certificadas según la normativa europea (UE) 2016/425 por el Instituto Finlandés de Salud Ocupacional (FICHO), Tampereenkatu 4/1A, FIN-00290 Helsinki, Finlandia (certificado número D4/03). Estos productos cumplen los requisitos de la norma europea armonizada EN 352-1:2002 (para la versión de diadema y envío de suro) y EN 352-3:2002 (para la versión montada en casco). Los certificados y los documentos de conformidad aplicables están disponibles en el sitio web www.3M.com/Hearing/arts.

Lista de materiales

	Versión de diadema, armazón de nuca y pliegable	Versión montada en casco
Diademas/armazón de nuca y fensa/cubierta	Acero inoxidable, PVC, Acetal	N/D
Brazo de anclaje a casco	N/D	Acero inoxidable, acetal, poliamida
Cavilentes	ABS	ABS
Inserjo (line)	Espuma de políster	Espuma de políster
Almohadillas y fundas de almohadillas	PVC y espuma de poliuretano	Poliureto/glicerina. Se aplica solo a las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ I y las orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ II
Funda de almohadillas	PVC	PVC

Plazas de recambio/accesorios

Los almohadillas y los insertos de la gama 3M™ PELTOR™ Optime™ se pueden reemplazar con los kits de higiene que se enumeran a continuación para un mejor confort y una protección óptima.

Kits de higiene:

Modelo de orejeras	Kit de higiene
3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (H610A, H610F, H610B, H610PB)	HY31
3M™ PELTOR™ Optime™ II Orejeras (H620A, H620F, H620B, H620PB)	HY32
3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (H640A, H640B, H640PB)	HY34

Además, también hay almohadillas desechables para el audífono HY100 que se pueden colocar sobre el espolinado para ayudar a absorber la humedad y el sudor.

Valores de estandarización

3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (silenciamiento H610A)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	14,1	11,6	10,7	27,8	32,8	33,6	34,1	33,9
st (dB)	4,0	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3,0	3,1
APf (dB)	10,1	7,3	10,1	26,0	30,1	30,2	33,2	32,0

SNR = 27 dB H = 32 dB M = 28 dB L = 16 dB

3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (silenciamiento H610B)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	13,3	10,8	10,1	29,4	31,5	32,6	34,3	34,5
st (dB)	4,1	3,9	2,8	1,8	2,6	4,3	3,4	3,6
APf (dB)	8,1	7,3	10,3	23,8	26,8	26,5	32,8	31,1

SNR = 26 dB H = 30 dB M = 24 dB L = 16 dB

3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (silenciamiento pliegable H610F)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	14,8	12,2	10,7	27,1	32,8	35,0	34,8	34,4
st (dB)	3,8	2,4	3,2	2,0	2,1	4,0	2,9	3,8
APf (dB)	10,8	8,7	10,1	24,1	30,8	31,0	33,8	30,8

SNR = 26 dB H = 32 dB M = 23 dB L = 16 dB

3M™ PELTOR™ Optime™ I Orejeras (versión montada en casco H610P)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	13,1	11,2	10,4	28,8	33,8	32,0	33,8	33,9
st (dB)	2,3	2,0	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	1,8
APf (dB)	10,8	8,2	11,5	26,1	31,8	29,8	31,7	35,1

SNR = 26 dB H = 30 dB M = 22 dB L = 16 dB

Valores de atenuación

3M™ PELOK™ Optima™ II Otoíntesis (Mediana H520A)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	16,2	14,8	20,8	22,5	28,3	26,4	24,4	40,2
st (dB)	1,9	1,9	2,6	2,5	2,1	2,4	4,0	2,3
APV (dB)	14,3	11,0	17,7	20,2	37,2	34,0	30,4	37,8

SNR = 21 dB H = 24 dB M = 29 dB L = 20 dB

3M™ PELOK™ Optima™ II Otoíntesis (Mediana de madera H520A)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	16,0	14,7	20,4	22,3	28,0	26,2	24,4	40,2
st (dB)	2,1	1,8	2,6	2,5	2,2	2,4	4,2	2,4
APV (dB)	14,8	11,8	17,8	20,8	37,4	33,8	31,2	37,8

SNR = 21 dB H = 24 dB M = 29 dB L = 20 dB

3M™ PELOK™ Optima™ II Otoíntesis (Mediana plástica H520P)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	16,1	14,8	20,8	22,6	28,1	26,1	24,7	39,8
st (dB)	2,0	1,8	2,6	2,4	2,5	2,8	2,7	2,8
APV (dB)	14,3	11,7	17,7	20,2	36,8	32,8	32,0	37,8

SNR = 21 dB H = 24 dB M = 29 dB L = 20 dB

3M™ PELOK™ Optima™ II Otoíntesis (versión montada en madera H520PM)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	16,1	14,3	19,4	22,0	28,0	26,2	26,4	39,2
st (dB)	2,1	2,3	2,7	2,7	2,4	2,8	4,4	2,8
APV (dB)	13,0	11,8	16,7	20,3	37,5	32,8	31,0	38,8

SNR = 20 dB H = 24 dB M = 29 dB L = 20 dB

3M™ PELOK™ Optima™ II Otoíntesis (Mediana H540A)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	20,8	17,4	24,7	24,7	41,4	38,8	47,8	42,8
st (dB)	3,1	2,1	2,8	2,0	2,1	1,8	4,8	2,8
APV (dB)	17,7	13,3	22,1	32,7	38,8	37,8	43,0	40,0

SNR = 25 dB H = 40 dB M = 32 dB L = 23 dB

Valores de atenuación

3M™ PEILOC™ Optime™ II Orlon® (valor de nula H640S)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	20,9	17,5	24,5	24,5	41,4	28,6	47,3	42,0
mf (dB)	3,2	2,3	2,7	2,0	2,2	2,0	4,4	2,8
APV (dB)	17,8	16,2	21,8	22,5	38,2	27,6	46,3	38,2

SNR = 28 dB H = 40 dB M = 32 dB L = 28 dB

3M™ PEILOC™ Optime™ II Orlon® (variación estandar en datos H640PS)

Frecuencia (Hz)	83	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	20,1	17,1	24,3	24,3	40,2	28,8	46,7	43,1
mf (dB)	3,3	2,3	2,8	2,1	2,0	1,8	4,2	2,6
APV (dB)	18,5	14,8	21,7	22,8	38,2	27,2	42,5	40,8

SNR = 34 dB H = 40 dB M = 32 dB L = 22 dB

Clave de la tabla de atenuación

f = frecuencia de prueba

APV = valor de protección asumido

Mf = valor de atenuación media

mf = desviación estándar

H = valor de atenuación de alta frecuencia (reducción del nivel de ruido asumida con LC: LA = -2 dB)

M = valor de atenuación de frecuencia media (reducción del nivel de ruido asumida con LC: LA = +2 dB)

L = valor de atenuación de baja frecuencia (reducción del nivel de ruido asumida con LC: LA = +10 dB)

SNR = índice de reducción ñnico (el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado G, LC, para calcular el nivel de presión sonora ponderada A efectiva en el canal auditivo).

Aviso importante

El uso del producto de 3M dentro de este documento implica que el usuario previo requerido para ver este tipo de producto y que solo un profesional competente lo utilizará. Antes de usar este producto de cualquier forma, se recomienda realizar unos ensayos previos para validaciones resultante en la aplicación precisa. Toda la información y los detalles de especificaciones contenidas en este documento son referencias a este producto específico de 3M y no se aplican a otros productos o servicios. Toda consulta o uso de este producto que infrinja el copyright de 3M o de sus proveedores o de terceros para el producto, el nombre y los logotipos de 3M o de sus proveedores o de terceros, se considera ilegal y se somete al procedimiento legal correspondiente. El uso de este producto sin la autorización de 3M o de sus proveedores o de terceros para el producto, el nombre y los logotipos de 3M o de sus proveedores o de terceros, viola tanto la legislación propietaria, como todo los derechos al nombre y el uso de la denominación de marca registrada. El grupo 3M (que se puede verificara anterior tabla anterior) se hace responsable de las consecuencias de cualquier infracción de dichos derechos, que permanezcan sujetas a su decisión y control. Los resultados de la garantía de los productos de 3M se determinan mediante los documentos del certificado de venta y la cláusula obligatoria de aplicación, que contiene cualquier otra garantía o condición.

Información de Copyright Propiedad de 3M

3M Inglaterra Ltd.
c/o Juan Ignacio Llana de Tena, 38-46
Madrid, 28002
Tel: 34 913 94 81
Fax: 34 913 94 80
E-mail: 3m.es@3m.es
www.3m.com/3mseguridad

Reservados derechos en la UE. © 3M 2001. 3M, Optime, PEILOC y Orlon® son marcas registradas de 3M Orlon®. Todos los derechos reservados. 409495

