

## Sección Técnica

---

*Este artículo fue publicado en el número 26-2003, páginas 10 a 19.  
Siguiendo la línea de la página Web del INSHT se incluirán los textos íntegros de los artículos  
prescindiendo de imágenes y gráficos no significativos.*

# Evaluación de señales acústicas utilizadas en la industria y la construcción

**Miguel Arana Burgui**

*Laboratorio de Acústica. Dpto. de Física Universidad Pública de Navarra*

**Javier Eransus Izquierdo**

*Instituto Navarro de Salud Laboral*

*En este artículo exponerlos las conclusiones obtenidas por diferentes estudios  
relacionadas con la problemática de las señales acústicas que se emplean en la  
industria y en la construcción, así como un análisis de la normativa existente en dicho  
apartado laboral.*

## Introducción

Las señales acústicas utilizadas como señales de alarma o aviso tienen la ventaja, respecto a las señales visuales, de no estar limitadas respecto al campo de audición, contemplado este en su variable angular, dado que nuestro sistema auditivo abarca 360°. Incluso la localización angular de la fuente, aunque dependiente de la frecuencia, es bastante precisa. En general, las señales luminosas y acústicas utilizadas como señales de alarma o aviso deben complementarse en función de variables tales como el nivel sonoro ambiental, iluminación, etc.

Las señales acústicas utilizadas como aviso o alarma deben cumplir un requisito fundamental: han de ser señales perfectamente audibles e identificables por todo el personal potencialmente afectado por la actuación que la señal acústica desea informar. Este requisito implica el adecuado diseño de la emisión en función de la distancia, velocidad del viento, etc. Si bien se puede tender a un diseño de máximos (elevados niveles y uso de frecuencias más sensibles) parece también lógico compatibilizar, en lo posible, tales requisitos con la mínima molestia causada a las personas que no son objeto de las señales de aviso, a fin de minimizar las molestias que tales señales pueden originar.

Conscientes de la importancia que la señalización acústica posee en los puestos de trabajo, especialmente en aquellos donde tal tipo de señales son la única forma práctica de aviso, el Instituto Navarro de Salud Laboral (INSL) y el Laboratorio de Acústica del Departamento de Física de la Universidad Pública de Navarra firmaron un programa de actuación específico para evaluar la efectividad y el grado de cumplimiento de la

señalización acústica en los entornos laborales. En este trabajo se presentan los resultados generales del citado programa.

## **Normativa**

Existen varias normativas sobre la utilización de señales acústicas para fines de aviso, alarma o peligro. Algunas de ellas son muy específicas como, por ejemplo, la relativa a las características técnicas de los avisadores acústicos de vehículos automóviles (UNE 26-159-89 Partes 1 y 2). Otras están enfocadas a aspectos generales de la información y el marcado de las señales como, por ejemplo, la UNE-EN-61310-1 (**Seguridad de las máquinas**: Indicación, marcado y maniobra) la cual, en su Parte 1, describe las especificaciones, en cuanto a su codificación, para las señales visuales, audibles y táctiles. Finalmente, existen normas donde se describen con rigor suficiente las características técnicas que deben cumplir las señales acústicas para ser audibles como, por ejemplo, la UNE-EN-457:1992 (**Seguridad de las Máquinas**. Señales audibles de peligro), la cual especifica los requisitos generales, de diseño y ensayos. No obstante, la normativa básica se recoge en el Real Decreto 485/1997, el cual recoge la Guía Técnica para la Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo. En los dos apartados siguientes, resumiremos el RD 485/1997, como norma básica, y la UNE-EN-457:1992, norma de gran rigor técnico para definir la audibilidad de las señales acústicas. Las normas UNE-EN-61310-1 y UNE-EN 981 especifican la codificación necesaria para las señales acústicas.

## **RD 485/1997. Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía Técnica**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales. Por otra parte, el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. En cumplimiento de lo anteriormente expuesto, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo elaboró una Guía Técnica, la cual trata de exponer los criterios y recomendaciones que puedan facilitar a las empresas y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del citado Real Decreto. En el Anexo IV, relativo a las señales luminosas y acústicas, se recuerda las características y requisitos de uso de las señales acústicas, así como las disposiciones comunes a ambas.

Respecto al requisito de audibilidad, la Guía Técnica establece que, para que una señal acústica sea audible en cualquier zona de un recinto cerrado, su nivel sonoro debería ser, al menos, 10 dB (A) superior al del ruido ambiente y no se recomienda que sobrepase los 120 dB (A) en periodos muy cortos. La señalización acústica está especialmente indicada para el caso en que el destinatario no pueda captar la señalización óptica. Sería el caso, por ejemplo, de los invidentes ante un semáforo con señales acústicas de una cierta intermitencia asociada a la luz verde de paso para el peatón. Esta intermitencia se acelera cuando se acerca el cambio de la luz verde a roja.

En resumen, la Guía Técnica no es excesivamente detallista sobre las características técnicas que deben de cumplir las señales acústicas de peligro, alarma o advertencia. El único aspecto cuantitativo que presenta es el relativo al nivel sonoro requerido de la señal, por encima del ruido de fondo, para que dicha señal cumpla el requisito de audibilidad. A este respecto, exige que dicho nivel sea, al menos, 10 dBA superior respecto al ruido de fondo.

## **UNE-EN-457:1992. Seguridad de las Máquinas. Señales audibles de peligro**

Esta Norma define los criterios aplicables al reconocimiento de señales acústicas de peligro en el área de recepción de la señal, especialmente en los casos en los que exista un alto nivel de ruido ambiente. Se corresponde con la antigua ISO 7731:1986 modificada. La Norma especifica los requisitos de seguridad y de ergonomía, y los correspondientes métodos de ensayo para señales auditivas de peligro, así como recomendaciones relativas al diseño de las señales a fin de que sean claramente percibidas y diferenciadas. La Norma no es aplicable a las advertencias verbales ni reglamentaciones especiales tales como desastres y transportes públicos.

Tras definir los conceptos de *señal audible de peligro*, *zona de recepción de la señal*, *ruido ambiente* y *umbral de enmascaramiento*, introduce los niveles del umbral de enmascaramiento, por bandas de octava y de tercio de octava, con símbolos y, respectivamente. Las características de la señal audible de peligro deben ser tales que cualquier persona que se encuentre en la zona de recepción de la señal pueda reconocer y reaccionar a la misma. Tales señales deben tener preferencia de reconocimiento sobre todas las señales audibles de advertencia. Asimismo, debe revisarse su efectividad cuando se introduzcan otro tipo de señales o se modifique claramente el ruido ambiente.

Para cumplir los requisitos de seguridad, la señal audible de peligro debe ser claramente audible frente a otros sonidos ambientales y tener un significado que no sea ambiguo. La señal debe superar claramente el umbral de enmascaramiento. Esto se logra, usualmente, si el nivel ponderado A de la señal sobrepasa el nivel de ruido ambiente al menos en 15 dB. Cuando se aplica un análisis por bandas de octavas, el nivel sonoro debe superar el nivel de enmascaramiento al menos en 10 dB, en al menos una banda de octava dentro del rango de frecuencias entre 300 y 3.000 Hz. Cuando se aplica un análisis por bandas de tercio de octavas, el nivel sonoro debe superar el nivel de enmascaramiento al menos en 13 dB, en al menos una banda de tercio de octava dentro del rango de frecuencias entre 300 y 3.000 Hz. En todos los casos se debe tener en cuenta la capacidad auditiva de la población afectada y el uso de protectores contra el ruido. Finalmente, el nivel ponderado A de la señal no debe ser inferior a 65 dB para asegurar su audibilidad entre la población afectada con capacidad auditiva normal. Si la población afectada tiene una pérdida de audición moderada o grave, se debe llevar a cabo un control de audición con una muestra representativa de dicha población. Para asegurar la discriminación de la señal, al menos dos de los parámetros acústicos (nivel sonoro, distribución temporal, combinación de frecuencias) que influyen en su discriminación, deben diferir claramente de los de las otras señales en la zona de recepción de la señal. Por otra parte, el significado de una señal audible de peligro no debe ser ambiguo. Las señales audibles de peligro y las señales utilizadas para otros fines no deben ser similares.

El cálculo del umbral de enmascaramiento efectivo requiere un análisis por bandas de frecuencias (bien de octavas, bien de tercios de octava) que asegure audibilidad clara en al menos una de las frecuencias importantes del audio. Esta es la parte más técnica y costosa de la verificación de la norma. Nosotros realizamos el proceso en la forma siguiente. Previa grabación digital (*minidisk*) de las señales, realizamos el análisis espectral y, tras paso a hoja Excel de los datos, una macro previamente diseñada, realizaba todos los cálculos para el umbral de enmascaramiento efectivo.

Con respecto a las recomendaciones para el diseño de señales audibles de peligro, estas deben superar en 15 dB, al menos, el nivel de ruido de fondo ambiental y su nivel ponderado A debe ser superior a 65 dB. Deben evitarse las situaciones de sobresalto, reacción que se produce, por ejemplo, si el nivel sonoro se eleva más de 30 dB en 0.5 s. La señal audible de peligro debe estar basada en frecuencias situadas en el rango de 300 a 3.000 Hz. Es deseable que las frecuencias con mayor nivel, para la señal y el ruido ambiente, difieran claramente. La señal audible debe tener energía suficiente en el rango de frecuencias por debajo de 1.500 Hz para responder a las necesidades de las personas con pérdida audible o que utilicen protectores individuales contra el ruido. Respecto a las características temporales, son preferibles las señales de peligro pulsantes a las señales constantes en el tiempo. La frecuencia de repetición de su pulsación debe estar comprendida entre 0.2 y 5 Hz. Son preferibles señales audibles de peligro cuya altura (frecuencia) varíe con el tiempo. Las señales audibles de peligro deben cumplir los requisitos de audibilidad no más tarde de 1 s tras ser emitidas y mantenerlos, al menos, durante 2 s.

## **Dispositivo experimental y método operatorio**

Las señales acústicas objeto del estudio, así como los niveles de ruido de fondo o ambiental, fueron grabados "in situ" en las condiciones de operación normales; esto quiere decir que las condiciones existentes en el momento de realizar las medidas son representativas de las condiciones usuales, tanto para las señales a estudiar, como para el ruido ambiental existente. Posteriormente, los registros fueron analizados en el Laboratorio de Acústica del Departamento de Física de la Universidad Pública de Navarra. La grabación se realizó en grabadora digital portátil a través de micrófono, preamplificador y fuente de alimentación. Previo a las medidas, se realizó calibración de micrófono. Todo el sistema utilizado es de alta calidad. El análisis espectral de las señales de aviso y alarma, así como de las grabaciones del ruido de fondo se realizó en laboratorio. Todos los cálculos de niveles sonoros y umbrales de enmascaramiento efectivo fueron programados, asimismo, en el laboratorio de acústica de la Universidad Pública de Navarra.

La Tabla 1 muestra el proceso seguido para cualquiera de las medidas realizadas tendente a la evaluación de su audibilidad. A partir de las grabaciones efectuadas (una primera para la señal de calibración, una segunda para el ruido de fondo y, finalmente, otra para el ruido de fondo más la señal) calculamos en el laboratorio, con ayuda de sonómetro integrador y analizador espectral, los siguientes valores para cada una de las señales:

- Nivel sonoro continuo equivalente del ruido de fondo, tanto en bandas de octava como en bandas de tercio de octava, así como en banda ancha (20 Hz- 20 kHz) con ponderación A, en este último caso:  **$L_n$**

- Idénticos valores para el nivel de la señal: **Ls**
- Cálculo del nivel de enmascaramiento, tanto en bandas de octava como en bandas de tercio de octava: **Lt**
- Frecuencia de pulsación de la señal, a partir de su representación temporal.

En la Tabla 1 se muestra:

1. Empresa. Omitimos el nombre de la Empresa, indicando la rama de su actividad.
2. Ubicación. Área de recepción de la señal donde se registra la medida.
3. Tipo de señal. Indica si se trata de señal informativa, de peligro o alarma, así como el tipo de alarma de que se trate.
4. Audible. Expresa el resultado final (SI o NO) de audibilidad, según UNE-EN 457
5. Análisis Banda Ancha. Muestra los niveles sonoros globales  $Ls+n$  (señal + ruido de fondo), nivel de la señal ( $Ls$ ), nivel del ruido de fondo ( $Ln$ ), así como el cumplimiento de las condiciones I (nivel de señal superior a 65 dBA) y II (nivel de señal superior, en al menos 15 dB, al ruido de fondo).
6. Análisis Bandas 1/1. Muestra, para las bandas de octava entre 63 Hz y 16 kHz, los niveles de la señal, del ruido de fondo y los niveles de enmascaramiento, **Lt**. Finalmente, se comprueba (VERDADERO O FALSO) el cumplimiento de que el nivel de la señal supere, en al menos 10 dB, el nivel de enmascaramiento. La condición III se satisfará si se cumple esta última condición en al menos una de las bandas de tercio de octava.
7. Análisis Bandas 1/3. Muestra, para las bandas de tercio de octava entre 63 Hz y 16 kHz, los niveles de la señal, del ruido de fondo y los niveles de enmascaramiento, **Lt**. Finalmente, se comprueba (VERDADERO O FALSO) el cumplimiento de que el nivel de la señal supere, en al menos 13 dB, el nivel de enmascaramiento. La condición III se satisfará si se cumple esta última condición en al menos una de las bandas de tercio de octava.

El proceso resulta ciertamente laborioso. No obstante, una vez diseñado el sistema de grabación y análisis de los registros sonoros, el software elaborado (mediante una hoja macro en Excel) lo convierte en un proceso mecánico y rápido. Para el ejemplo mostrado en la tabla 1, el resultado final es que la señal resulta audible en el área de recepción, cumpliéndose las condiciones I, III y IV La figura 1 muestra, en forma gráfica el resultado del análisis de audibilidad para bandas de octava.

**Tabla 1**  
**Resumen del proceso de cálculo para la evaluación de la audibilidad**

**Empresa:** Metal

**Ubicación:** Sala de mezclas (nave de pintura)

**AUDIBLE:** SI

**Tipo de señal:** Alarma de fuga en depósitos

Análisis Banda Ancha			Condición I		Condición II	Condición
$Ls+n$ BA (dBA)	$Ls$ (dBA)	$Ln$ (dBA)	$Ls \geq 65$ dBA	$Ls - Ln$ (dB)	$\geq 15$ dB	i + ii
94,2	94,1	79,4	VERDADERO	14,7	FALSO	FALSO

**Análisis Bandas 1/1**

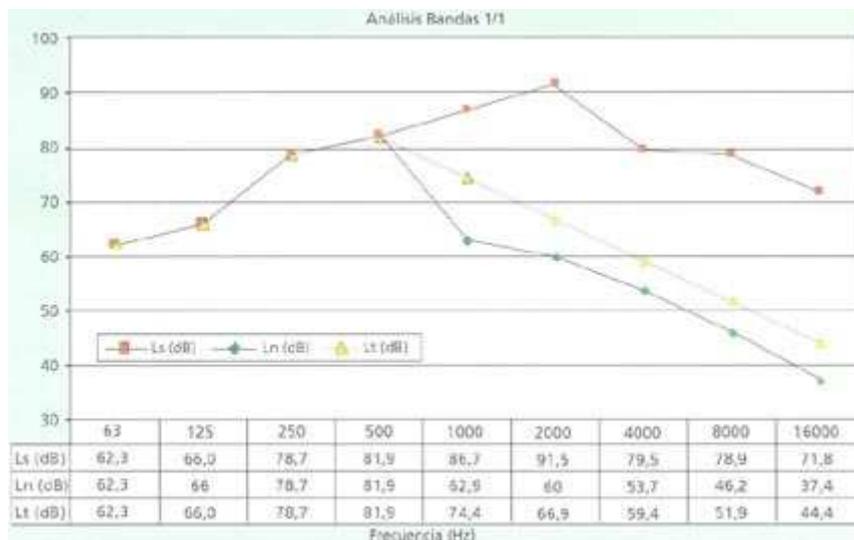
<b>Frec (Hz)</b>	<b>Ls+n (dB)</b>	<b>Ls (dB)</b>	<b>Ln (dB)</b>	<b>Lt (dB)</b>	<b>Ls - Lt (dB)</b>	<b>&gt;10 dB</b>
63	65,3	62,3	62,3	62,3	0,0	FALSO
125	69	66,0	66	66	0,0	FALSO
250	81,7	78,7	78,7	78,7	0,0	FALSO
500	84,9	81,9	81,9	81,9	0,0	FALSO
1000	86,7	86,7	62,9	74,4	12,3	VERDADERO
2000	91,5	91,5	60	66,9	24,6	VERDADERO
4000	79,5	79,5	53,7	59,4	20,1	VERDADERO
8000	78,9	78,9	46,2	51,9	27,0	VERDADERO
16000	71,8	71,8	37,4	44,4	27,4	VERDADERO
				Condición III	Una o más:	VERDADERO

**Análisis Bandas 1/3**

<b>Frec (Hz)</b>	<b>Ls+n (dB)</b>	<b>Ls (dB)</b>	<b>Ln (dB)</b>	<b>Lt (dB)</b>	<b>Ls - Lt (dB)</b>	<b>&gt;13 dB</b>
63	59,9	56,9	56,9	56,9	0,0	FALSO
80	61,1	58,1	58,1	58,1	0,0	FALSO
100	62,4	59,4	59,4	59,4	0,0	FALSO
125	65,8	62,8	62,8	62,8	0,0	FALSO
160	64,3	61,3	61,3	61,3	0,0	FALSO
200	78,5	76,3	74,5	74,5	1,8	FALSO
250	79,7	76,7	76,7	76,7	0,0	FALSO
315	67,8	67,6	54,4	74,2	-6,6	FALSO
400	81,2	78,2	78,2	78,2	0,0	FALSO
500	82,3	79,3	79,3	79,3	0,0	FALSO
630	78,5	78,2	66,7	76,8	1,4	FALSO
800	75,1	75,0	56,2	74,3	0,7	FALSO
1000	79,9	79,9	57,7	71,8	8,1	FALSO
1250	85,3	85,3	55,5	69,3	16,0	VERDADERO
1600	90	90,0	55,5	66,8	23,2	VERDADERO
2000	84,8	84,8	56,9	64,3	20,5	VERDADERO
2500	80,1	80,1	51,7	61,8	18,3	VERDADERO
3150	75,4	75,4	50,7	59,3	16,1	VERDADERO

4000	75,3	75,3	48,6	56,8	18,5	VERDADERO
5000	73,1	73,1	46,7	54,3	18,8	VERDADERO
6300	74,1	74,1	43,5	51,8	22,3	VERDADERO
8000	74,4	74,4	41,3	49,3	25,1	VERDADERO
10000	74,3	74,3	37,3	46,8	27,5	VERDADERO
12500	69,4	69,4	34,7	44,3	25,1	VERDADERO
16000	67,5	67,5	31,3	41,8	25,7	VERDADERO
			Condición IV		Una o más:	VERDADERO

**Figura 1**  
**Representación gráfica del análisis de audibilidad en bandas de octava**



## Medidas realizadas

Se tomaron medidas de múltiples señales de aviso, peligro y alarma en cuatro diferentes empresas, a las que agradecemos su colaboración. Fueron los responsables de seguridad de las empresas quienes nos indicaron los diferentes tipos de señales de aviso, peligro y alarma disponibles en las mismas. Para contemplar diferentes tipos de actividad industrial, se escogieron cuatro tipos de actividad: metal, papelería, química y obra pública y construcción. Se tomaron un total de 50 registros de señales de aviso, peligro y alarma, con sus correspondientes 50 registros de ruido de fondo o ambiental, necesarios para el cálculo del umbral de enmascaramiento efectivo. La distribución de los registros de las señales, según la actividad, fue la siguiente:

- Metal: 17 registros.
- Papel: 20 registros.
- Química: 9 registros.
- Obra pública: 4 registros.

## Resultados

Analizaremos los criterios de audibilidad de las señales según la norma UNE 457, la más precisa y rigurosa. De hecho, el resto de normativas se remiten a ella para los aspectos técnicos de las señales auditivas de alarma. Las cuatro condiciones que se analizan, para cada señal acústica, son las siguientes:

- C1: Nivel sonoro continuo equivalente de la señal ( $L_{eq}$ ) superior a 65 dBA.
- C2: Diferencia entre nivel de señal y nivel de ruido de fondo ( $L_s - L_n$ ) superior a 15 dBA.
- C3: Nivel de señal menos nivel de enmascaramiento superior a 10 dB, en bandas de 1/1.
- C4: Nivel de señal menos nivel de enmascaramiento superior a 13 dB, en bandas de 1/3.

Para asegurar la discriminación de la señal, al menos dos de las condiciones C1 a C4 deben cumplirse, siendo una de ellas C1 o C2, necesariamente. Los requisitos C3 y C4 se han de cumplir en al menos una banda en el rango de frecuencias entre 300 y 3.000 Hz. Por otra parte, se debe cumplir el requisito de que (para señales audibles de peligro pulsantes) la frecuencia de repetición de su pulsación se encuentre entre 0.2 y 5 Hz., tal como exige el apartado 8.3 de la Norma UNE-EN-457. Esta condición se verifica a partir de los registros temporales de la señal.

Las tablas 2 a 5 muestran los resultados de las 50 señales analizadas para las cuatro actividades. Para cada una de ellas se muestra el cumplimiento o incumplimiento de las condiciones C1 a C4 y el resultado final de audibilidad o no de la señal cual es, en definitiva, el resultado final de interés. Es oportuno indicar que todas las señales pulsantes cumplieron el requisito de periodicidad, es decir, frecuencia de pulsación comprendida entre 0.2 y 5 Hz.

**Tabla 2**  
**Resumen de resultados para empresa sector metal**

Empresa: Metal								
				Audible	Criterios de audibilidad			
Nº	Tipo	Descripción	Localización	(SI/NO)	C1	C2	C3	C4
1	Sirena	Movimiento puente grúa	Nave de prensa	SI	SI	NO	SI	SI
2	Carretilla (Marca X)	Marcha atrás	Nave de prensa	SI	SI	NO	SI	SI
3	Aviso	Inicio megafonía	Nave de prensa	SI	SI	NO	SI	SI
4	Aviso	Apertura puerta de prensa	Nave de prensa	NO	SI	NO	NO	NO
5	Aviso	Paro de cinta de chatarra	Nave de prensa	NO	SI	NO	NO	NO

6	Alarma	Prevención	Taller	SI	SI	SI	SI	SI
7	Carretilla (Marca Y)	Marcha atrás	Taller	NO	NO	NO	SI	SI
8	Carretilla (Marca X)	Marcha atrás	Taller	SI	SI	NO	SI	SI
9	Aviso	Defecto lectura	Nave de pintura	NO	SI	NO	NO	NO
10	Alarma	Fuga en depósitos	Sala de mezclas 1 (Nave de pintura)	SI	SI	NO	SI	SI
11	Alarma	Fuga en depósitos	Sala de mezclas 2 (Nave de pintura)	NO	SI	NO	NO	NO
12	Aviso	Sirena fin de descanso	Taller	SI	SI	NO	SI	SI
13	Alarma	Llenado de líquido de frenos	Nave de montaje	SI	SI	SI	SI	SI
14	Alarma	Detección de puntalinas	Nave de montaje	SI	SI	NO	SI	SI
15	Alarma	Avería en motores	Nave de motores	SI	SI	SI	SI	SI
16	Alarma	Antiincendios	Nave ligera	SI	SI	SI	SI	SI
17	Bocina	Coche	Exterior	SI	SI	SI	SI	SI

**Tabla 3**  
**Resumen de resultados para la empresa sector papel**

Empresa: Papel								
				Audible	Criterios de audibilidad			
Nº	Tipo	Descripción	Localización	(SI/NO)	C1	C2	C3	C4
1	Alarma	Pulsador 4	Oficinas	NO	NO	NO	NO	NO
2	Alarma	Pulsador 1	Oficinas	NO	NO	NO	NO	NO
3	Alarma	Pulsador 3	Oficinas	NO	NO	NO	NO	NO
4	Alarma	Pulsador 2	Oficinas	NO	NO	NO	NO	NO
5	Alarma	Pulsador 1	Nave Máquinas	NO	SI	NO	NO	NO
6	Alarma	Pulsador 2	Nave Máquinas	NO	SI	NO	NO	NO
7	Alarma	Pulsador 4	Nave Máquinas	NO	NO	NO	NO	NO
8	Alarma	Pulsador 1	Almacén	NO	SI	NO	NO	NO

			general					
9	Alarma	Pulsador 2	Almacén general	NO	SI	NO	NO	NO
10	Alarma	Pulsador 3	Almacén general	NO	SI	NO	NO	NO
11	Alarma	Pulsador 2	Nave Obras	NO	SI	NO	NO	NO
12	Alarma	Pulsador 3	Nave Obras	NO	SI	NO	NO	NO
13	Alarma	Pulsador 1	Cabina de Control	NO	NO	NO	NO	NO
14	Alarma	Pulsador 2	Cabina de Control	NO	NO	NO	NO	NO
15	Alarma	Pulsador 3	Cabina de Control	SI	SI	SI	SI	SI
16	Alarma	Pulsador 4	Cabina de Control	SI	SI	SI	SI	SI
17	Alarma	Pulsador 3	Zona de cortezas	SI	SI	NO	SI	SI
18	Alarma	Puesta en marcha cinta transportadora 1	Zona de cortezas	SI	SI	NO	SI	SI
19	Alarma	Puesta en marcha cinta transportadora 2	Zona de cortezas	NO	SI	NO	NO	NO
20	Alarma	Puesta en marcha cinta transportadora 3	Zona de cortezas	NO	SI	NO	NO	NO

**Tabla 4**  
**Resumen de resultados para la empresa sector químico**

Empresa: Química								
				Audible	Criterios de audibilidad			
Nº	Tipo	Descripción	Localización	(SI/NO)	C1	C2	C3	C4
1	Alarma	Cubetas	Portería	SI	SI	SI	SI	SI
2	Alarma	Nave 1	Portería	SI	SI	SI	SI	SI
3	Pulsador 3	Control perimetral	Portería	SI	SI	NO	SI	SI
4	Alarma	Nave 1	Sala de mandos (Edificio 38)	SI	SI	SI	SI	SI
5	Alarma	Zumbador	Sala de mandos Edificio1	SI	SI	NO	SI	SI

6	Alarma	Sala de mandos	Sala de mandos (Nave 1)	SI	SI	SI	SI	SI
7	Alarma	Alarma general de fábrica	Nave 1 Planta zarandas	NO	SI	NO	NO	NO
8	Alarma	Alarma general de fábrica	Nave 2	NO	SI	NO	NO	NO
9	Alarma	Alarma general de fábrica	Zona residencial exterior	NO	NO	NO	SI	SI

**Tabla 5**  
**Resumen de resultados para la empresa sector construcción**

Empresa: Construcción								
				Audible	Criterios de audibilidad			
Nº	Tipo	Descripción	Localización	(SI/NO)	C1	C2	C3	C4
1	Aviso	Rodillo (Marini)	Obra	SI	SI	NO	SI	SI
2	Aviso	Extendedora (Marini)	Obra	SI	SI	SI	SI	SI
3	Aviso	Extendedora 120 grande	Obra	SI	SI	NO	SI	SI
4	Aviso	Pala cargadora (Volvo)	Obra	SI	SI	NO	SI	SI

### Análisis de los resultados

Como resultado global, 26 de las 50 señales analizadas no cumplen los requisitos de audibilidad, es decir, un 52% de las mismas. No obstante, se da una gran dispersión según la actividad. Los porcentajes, por actividad, son los siguientes:

Actividad	Nº de señales	Audibles	Porcentaje de señales audibles (%)
METAL	17	12	71
PAPEL	20	4	20
QUÍMICA	9	6	67
OBRA PÚBLICA	4	4	100

En última instancia, la razón para que una señal de alarma o peligro no cumpla los requisitos de audibilidad es un defectuoso diseño del sistema de alarma. No obstante, analizando detenidamente las tablas de resultados, puede comprobarse que el requisito que en mayor porcentaje se incumple es el requisito C2, es decir, el nivel de la señal no supera en más de 15 dBA al nivel del ruido de fondo existente en la zona de recepción. La conclusión inmediata es que, o bien la amplificación de las señales fue diseñada sin tener en cuenta el ruido de fondo existente o bien que la introducción de nueva maquinaria o proceso productivo que incrementó los niveles de fondo no fue motivo de

rediseño de las señales de alarma. El umbral de enmascaramiento que permite que una determinada señal sea o no audible es, obviamente, función del ruido de fondo. Ello implica que el diseño de un sistema para señales audibles de aviso, peligro o alarma, debe de tener en cuenta tales niveles de ruido de fondo. Además de las características de codificación requeridas para la señal, debe de amplificarse convenientemente para superar el umbral de enmascaramiento. Los niveles de ruido de fondo medidos en la investigación objeto del presente informe han sido muy variados: desde los 47 dBA medidos en oficinas, hasta los 86 dBA medidos en naves de fabricación.

## **Conclusiones**

1. Es un difícil compromiso el que debe cumplir una señal de aviso, peligro o alarma entre los requisitos de audibilidad y de mínima afección al medio. En principio, siempre es posible cumplir el requisito de audibilidad por elevación de su potencia acústica. El aspecto negativo es la afección al medio y exceso de mensajes a personas a las que no está dirigida la información. No obstante, para señales de peligro y alarma, siempre debe primarse el requisito de audibilidad.
2. En un 48% de las 50 señales de aviso, alarma o peligro analizadas NO se cumple el requisito de audibilidad, según la norma UNE-EN 457. La dispersión, por actividad, es muy elevada. Así, el porcentaje de incumplimiento, por actividades es el siguiente: Metal: 29%; Papel: 80%; Química: 33%; Obra Pública: 0%.
3. Todas las señales de peligro pulsantes cumplen con el requisito de frecuencia pulsante acorde con las recomendaciones de diseño del apartado 8.3.1 de la norma UNE-EN 457.
4. Los elevados niveles de ruido de fondo han sido, en la mayoría de las situaciones, la causa principal para el incumplimiento del requisito de audibilidad. Se pueden y deben solucionar tales situaciones, bien incrementando los niveles de potencia emitidos, bien añadiendo emisores en las zonas concretas donde se incumple el requisito de audibilidad.
5. A lo largo del presente trabajo de investigación hemos podido comprobar que no existe, en general, un suficiente grado de conocimiento de las normativas existentes y de la codificación y características de las señales de aviso, alarma y peligro por parte de los responsables y personal destinatario de tales señales. En casos puntuales hemos detectado, incluso, desconocimiento del sistema de funcionamiento y activación.

## **Recomendaciones**

1. La codificación y características de las señales audibles de información, aviso, peligro y alarma vienen indicadas en las normas UNE-EN 61310-1 y UNE-EN 981. Los requisitos de audibilidad de las mismas vienen indicados en la norma UNE-EN 457. Estimamos muy conveniente la realización de una campaña de información (previamente diseñada por el responsable de Seguridad e Higiene) a todos los trabajadores, informando claramente sobre los distintos tipos de señales y la acción requerida para cada una de ellas.
2. Los niveles sonoros de las señales de alarma, así como sus características espectrales, debieran diseñarse en función de los niveles de ruido de fondo en donde tales señales van a ser utilizadas. Tal diseño debe optimizar el siguiente compromiso: por una parte, cumplir los requisitos de audibilidad; por otra parte, evitar contaminación acústica innecesaria.

La modificación de las condiciones acústicas en un ambiente laboral (motivada por la inclusión de nueva maquinaria o cualquier otra causa) requieren la verificación y revisión, si procede, de las señales de peligro y alarma que sigan garantizando el criterio de audibilidad de las mismas.