

198109-001  
198209-002  
198810-002

## **Real Decreto 1909/81, de 24 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81 sobre Condiciones Acústicas en los edificios**

La necesidad de proteger a los ocupantes de los edificios de las molestias físicas y psíquicas que ocasionan los ruidos, aconseja dictar una norma que establezca las condiciones mínimas exigibles para mantener en ellos un nivel acústico aceptable.

En consideración a la importancia de las medidas a adoptar en este sentido, se constituyó una Comisión de expertos, con representación de Organismos oficiales y Entidades privadas, que ha formulado la norma básica que ahora se aprueba.

La norma se ordena en dos partes: la primera contiene el texto articulado, mientras la segunda desarrolla, en forma de anexos, algunos aspectos que conviene tratar con más amplitud.

Las exigencias de aislamiento acústico que se señalan para los elementos constructivos se establecen en base a valores medios del nivel de ruido exterior, en tanto se prepara la zonificación correspondiente.

No se contemplan las medidas de control y defensa contra el ruido en los locales de trabajo, ya tratadas en las reglamentaciones específicas.

Esta norma básica de la edificación se ha elaborado en el ámbito de las competencias atribuidas al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo por el Real Decreto 1650/77, de 10 de junio, sobre normativa de la edificación.

En su virtud y a propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 24 de julio de 1981, dispongo:

**Artículo 1.º** Se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81, sobre <<condiciones acústicas en los edificios>>, que figura como anexo al presente Real Decreto.

**Artículo 2.º** La Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81 será de obligatoria observancia en todos los proyectos y construcciones de edificaciones públicas y privadas.

**Artículo 3.º** Quedan responsabilizados del cumplimiento de esta norma. dentro del ámbito de sus respectivas competencias, los profesionales que redacten proyectos de ejecución de edificios; las Entidades o instituciones que intervengan en el visado, supervisión o informe de dichos proyectos; los fabricantes y suministradores de materiales, los constructores y los directores facultativos de las obras de edificación, así como las Entidades de control técnico que intervengan en cualquiera de las etapas de este proceso.

**Artículo 4.º** En el ejercicio de la vigilancia del cumplimiento de la Norma Básica de la Edificación NBE- CA-81, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo podrá inspeccionar los proyectos de ejecución de las obras, la ejecución de las mismas y el uso de los edificios.

**Artículo 5.º** Se considerará como falta muy grave el incumplimiento de esta norma básica a tenor de lo establecido en los artículos 153.C) 4 del Reglamento de Viviendas de Protección Oficial de 24 de julio de 1968, y 56 del Real Decreto 3148/78, de 10 de noviembre, sin

perjuicio de las demás sanciones que, en materia de urbanismo v edificación, procedan según la legislación vigente.

### **Disposiciones transitorias:**

**Primera.** No será de aplicación la presente norma en los edificios en construcción o con icencia de construcción concedida antes de la entrada en vigor de la norma.

**Segunda.** Durante el plazo de seis meses, contado a partir de la fecha de su publicación en el <<Boletín Oficial del Estado>>, se podrán presentar observaciones a la NBE-CA-81 ante la Dirección General de Arquitectura y Vivienda del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Analizadas las observaciones aludidas, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo procederá a proponer al Gobierno las modificaciones que considere conveniente introducir en la citada norma.

### **Disposiciones finales:**

**Primera.** La presente disposición entrará en vigor al año de su publicación.

**Segunda.** Quedan derogadas las disposiciones que se opongan a lo establecido en este Real Decreto, y en especial, lo establecido para aislamiento acústico entre viviendas en la Ordenanza 25.B), de las Ordenanzas Provisionales de las Viviendas de Protección Oficial, aprobadas por Orden Ministerial de 29 de mayo de 1969 y modificadas por Orden Ministerial de 4 de mayo de 1970.

**Tercera.** Se autoriza al Ministro de Obras Públicas y Urbanismo para dictar las disposiciones y medidas que se consideren necesarias para el mejor desarrollo y cumplimiento del presente Real Decreto.

Dado en Madrid a veinticuatro de julio de mil novecientos ochenta y uno.

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo,  
Luis Ortíz González

Juan Carlos R.

**Real Decreto 2115/1982, de 12 de agosto, por el que se modifica la norma básica de la edificación NBE-CA-81, sobre condiciones acústicas en los edificios.**  
(B O E 3-9-82 y 7-10-82).

Por Real Decreto 1909/81, de 24 de julio, fue aprobada la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81, sobre condiciones acústicas en los edificios, estableciéndose en la disposición transitoria segunda del Real Decreto indicado, un plazo de seis meses a partir de su publicación para poder presentar observaciones a la misma, a efectos de que una vez estudiadas y analizadas, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo procediese a proponer al Gobierno las modificaciones que considerara conveniente introducir en la citada Norma.

Transcurrido el plazo de seis meses indicado, y una vez analizadas las observaciones que, de acuerdo con la disposición transitoria aludida, se han presentado ante el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y oída la Comisión Redactora, se ha considerado oportuno hacer uso de la facultad de modificación ya referida, y por medio del presente Real Decreto se introducen determinadas modificaciones.

La trascendencia que tiene la regulación del aislamiento de las fachadas, tanto en los aspectos técnicos como en los económicos sobre los distintos sectores relacionados con la edificación, así como la dificultad de establecer una clasificación del ruido ambiente,

aconsejan, por el momento, modificar esta regulación estableciendo una exigencia mínima, revisable en el futuro contemplando entonces una casuística más completa.

Por otra parte, la introducción de estas modificaciones aconsejan revisar la disposición transitoria primera del Real Decreto 1909/81 antes citado, con el fin de que los proyectos en redacción en el momento de entrada en vigor puedan adecuarse a la Norma.

En su virtud, y a propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 12 de agosto de 1982.

### **Dispongo:**

**Artículo único.** La Norma Básica de Edificación NBE-CA-81, sobre condiciones acústicas en los edificios, que fue aprobada por Real Decreto 1909/81, de 24 de julio, queda modificada en los términos que figuran como anexo al presente Real Decreto.

Con estas modificaciones esta norma se denominará abreviadamente NBE-CA-82.

### **Disposición transitoria:**

No será de aplicación la Norma Básica de la Edificación NBE CA-82:

a) En los edificios en construcción en la fecha de entrada en vigor de la Norma.

b) En los proyectos de edificación que tengan concedida la licencia de obra en la fecha de entrada en vigor de la Norma.

c) En los proyectos visados o supervisados en la fecha de entrada en vigor de esta Norma, o que se presenten a visado en los Colegios Profesionales, o a supervisión en el caso de obras con cargo a los Presupuestos Generales del Estado, dentro de los tres meses, contados a partir de su entrada en vigor, siempre que soliciten la licencia de obra dentro de los seis meses contados a partir de dicha fecha.

### **Disposición final:**

La presente disposición entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Palma de Mallorca a doce de agosto de mil novecientos ochenta y dos.

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo,  
Luis Ortiz González

Juan Carlos R.

### **Orden de 29 de septiembre de 1988 por la que se aclaran y corrigen diversos aspectos de los anexos a la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-82 sobre "Condiciones Acústicas en los Edificios".**

(B.O E. 8-10-88).

El Real Decreto 1909/1981, de 24 de julio, aprobó la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81 sobre "Condiciones Acústicas en los Edificios". con el objeto de establecer las condiciones acústicas mínimas exigibles a los edificios en relación con el uso y actividad de sus ocupantes.

Posteriormente fue modificada parcialmente por Real Decreto 2115/1982, de 12 de agosto.

De la experiencia derivada de su aplicación, así como del análisis de las sugerencias recibidas se ha considerado necesario aclarar algunos aspectos de los anexos de la Norma, sin modificar su texto articulado, en virtud de la autorización contenida en la disposición final tercera del Real Decreto 1909/1981, de 24 de julio.

En su virtud, este Ministerio ha dispuesto:

Artículo único: En la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-82, "Condiciones Acústicas en los Edificios", que fue aprobada por Real Decreto 1909/1981, de 24 de julio, y modificada por Real Decreto 2115/1982, de 12 de agosto, se introducen las modificaciones que figuran como anexo a la presente Orden, pasando a denominarse NBE CA-88, "Condiciones Acústicas en los Edificios".

Lo que comunico a VV.II. para su conocimiento y efectos.

# Indice

## **Primera parte: texto articulado**

### **Capítulo I Generalidades**

- Artículo 1.º Objeto
- Artículo 2.º Campo de aplicación
- Artículo 3.º Condiciones acústicas de los edificios
- Artículo 4.º Condiciones acústicas del ambiente exterior1111

### **Capítulo II Directrices generales**

- Artículo 6.º En el planeamiento urbanístico
- Artículo 7.º En el proyecto de edificios
- Artículo 8.º En el proyecto de las instalaciones

### **Capítulo III Condiciones exigibles a los elementos constructivos**

- Artículo 9.º Condiciones generales
- Artículo 10.º Particiones interiores
- Artículo 11.º Paredes separadoras de propiedades o usuarios distinto
- Artículo 12.º Paredes separadoras de zonas comunes interiores
- Artículo 13.º Fachadas
- Artículo 14.º Elementos horizontales de separación de propiedades o usuarios distintos
- Artículo 15.º Cubiertas

### **Capítulo IV Condiciones exigibles a las instalaciones**

- Artículo 16.º Condiciones generales
- Artículo 17.º Equipos comunitarios
- Artículo 18.º Canalizaciones hidráulicas y conductos de aire

### **Capítulo V Cumplimiento y control**

- Artículo 19.º Cumplimiento de la Norma en el Proyecto
- Artículo 20.º Cumplimiento de la Norma por las entidades supervisoras de los Proyectos
- Artículo 21.º Control de la recepción de materiales
- Artículo 22.º Control de la ejecución

## **Segunda parte: anexos**

## Anexo 1. Conceptos fundamentales, definiciones, notaciones y unidades

- 1.1 Onda acústica aérea
- 1.2 Presión acústica
- 1.3 Frecuencia
- 1.4 Frecuencias preferentes
- 1.5 Frecuencia fundamental
- 1.6 Sonido
- 1.7 Armónico
- 1.8 Octava
- 1.9 Ruido
- 1.10 Espectro de frecuencias
- 1.11 Ruidos blanco y rosa
- 1.12 Potencia acústica
- 1.13 Intensidad acústica
- 1.14 Nivel de presión acústica
- 1.15 Nivel de intensidad acústica
- 1.16 Nivel de potencia acústica
- 1.17 Composición de niveles
- 1.18 Tono
- 1.19 Timbre
- 1.20 Sonoridad
- 1.21 Nivel de sonoridad
- 1.22 Escala ponderada A de niveles, decibelio A
- 1.23 Coeficiente de absorción
- 1.24 Absorción
- 1.25 Reverberación
- 1.26 Tiempo de reverberación
- 1.27 Resonadores
- 1.28 Materiales porosos
- 1.29 Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo
- 1.30 Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro
- 1.31 Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo
- 1.32 Aislamiento acústico en dB
- 1.33 Aislamiento de un elemento constructivo simple
- 1.34 Frecuencia de coincidencia
- 1.35 Aislamiento de elementos constructivos múltiples
  - 1.35.1 Influencia de la ligazón elástica entre las hojas ..... componente
  - 1.35.2 Influencia de la ligazón rígida entre las hojas ..... componente
  - 1.35.3 Influencia de los elementos constructivos adyacentes
  - 1.35.4 Influencia de la estructura
- 1.36 Aislamiento de elementos constructivos mixtos
- 1.37 Nivel de ruido de impacto normalizado  $L_n$
- 1.38 Intensidad de percepción de vibraciones K
- 1.39 Cuadro de notaciones y unidades

## Anexo 2. Condiciones del medio

- 2.1 Fuentes de ruido externas a los edificios
  - 2.1.1 Vehículos automóbiles
    - 2.1.1.1 Índices de valoración del ruido de tráfico de vehículos automóbiles

- 2.1.1.2Valores orientativos
- 2.1.2 Aviones .....
  - 2.1.2.1 Índices de valoración del ruido de aviones
  - 2.1.2.2Valores orientativos
- 2.1.3 Trenes
- 2.1.4 Construcción
- 2.1.5 Actividades industriales
- 2.1.6 Actividades urbanas comunitarias
- 2.1.7 Agentes atmosféricos
- 2.2 Fuentes de ruido internas a los edificios
  - 2.2.1 Instalaciones
    - 2.2.1.1 Instalaciones de fontanería
    - 2.2.1.2 Instalaciones de salubridad
    - 2.2.1.3 Instalaciones de calefacción
    - 2.2.1.4 Instalaciones de ventilación
    - 2.2.1.5 Instalaciones de climatización
    - 2.2.1.6 Instalaciones eléctricas
    - 2.2.1.7 Instalaciones de transporte vertical
    - 2.2.1.8 Electrodomésticos
  - 2.2.2 Actividades de las personas
    - 2.2.2.1 Pisadas
    - 2.2.2.2 Conversación
    - 2.2.2.3 Equipos de reproducción sonora
    - 2.2.2.4 Instrumentos musicales
    - 2.2.2.5 Obras de acondicionamiento y reforma
    - 2.2.2.6 Otros ruidos domésticos

### **Anexo 3. Aislamiento acústico de los elementos constructivos**

- 3.1 Generalidades
- 3.2 Elementos constructivos verticales
  - 3.2.1 Particiones interiores
  - 3.2.2 Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos
    - 3.2.2.1 Paredes simples
    - 3.2.2.2 Paredes compuestas
  - 3.2.3 Paredes separadoras de zonas comunes interiores
  - 3.2.4 Fachadas .....
    - 3.2.4.1 Partes ciegas
    - 3.2.4.2 Ventanas
  - 3.2.5 Puertas.....
- 3.3 Elementos constructivos horizontales
  - 3.3.1 Elementos horizontales de separación
  - 3.3.2 Cubiertas
- 3.4 Ficha justificativa.....

### **Anexo 4. Condiciones de los materiales**

- 4.1 Características básicas exigibles a los materiales
  - 4.1.1 Densidad aparente

- 4.2 Características básicas exigibles a los materiales específicamente acondicionantes acústicos
  - 4.2.1 Absorción acústica
  - 4.2.2 Otras propiedades
- 4.3 Características básicas exigibles a las soluciones constructivas
  - 4.3.1 Aislamiento a ruido aéreo
  - 4.3.2 Aislamiento a ruido de impacto
- 4.4 Presentación, medidas y tolerancias
- 4.5 Garantía de las características
- 4.6 Control, recepción y ensayos de los materiales
  - 4.6.1 Suministro de los materiales
  - 4.6.2 Materiales con Sello o Marca de Calidad
  - 4.6.3 Composición de las unidades de inspección
  - 4.6.4 Toma de muestras
  - 4.6.5 Normas de ensayo
- 4.7 Laboratorios de ensayo

## **Anexo 5. Recomendaciones**

- 5.1 Nivel de inmisión de ruido aéreo
- 5.2 Nivel de inmisión de ruido producido por las instalaciones
- 5.3 Nivel de vibración
- 5.4 Tiempo de reverberación

# **Capítulo I Generalidades**

## **Artículo 1.º Objeto**

Esta Norma tiene como objeto establecer las condiciones acústicas mínimas exigibles a los edificios, adecuadas al uso y actividad de sus ocupantes

Las definiciones, notaciones, unidades y métodos de cálculo relativos a los conceptos que aparecen en los siguientes artículos figuran en los Anexos 1 y 3 de la Norma.

## **Artículo 2.º Campo de aplicación**

Esta Norma es de aplicación en todo tipo de edificios de nueva planta, destinados a cualquiera de los siguientes usos:

- Residencial privado, como viviendas y apartamentos.
- Residencial público, como hoteles y asilos.
- Administrativo y de oficinas, como edificios para la administración pública o privada.
- Sanitario, como hospitales, clínicas y sanatorios.
- Docente, como escuelas, institutos y universidades.

Los edificios de uso no incluido en la anterior clasificación se registrarán por su regulación específica.

En edificios de varios usos, la Norma será de aplicación para cada uno de ellos por separado, debiendo mantenerse la imposición más exigente de las que le correspondan, en los elementos constructivos comunes.

El proyectista podrá adoptar bajo su responsabilidad, procedimientos y soluciones distintas a las que se establecen en esta Norma, que deberá justificar en el Proyecto de ejecución, en virtud de las condiciones singulares del edificio.

### **Artículo 3.º Condiciones acústicas de los edificios**

A efectos de esta NBE, los edificios quedan caracterizados acústicamente por el aislamiento acústico que en cada caso se defina, de todos y cada uno de los elementos verticales y horizontales que conforman los distintos espacios interiores habitables.

Las instalaciones se caracterizarán por los niveles de ruido y vibraciones que produzcan en las zonas del edificio bajo su influencia.

No se contempla en esta NBE el acondicionamiento acústico de locales.

### **Artículo 4.º Condiciones acústicas del ambiente exterior**

Los ruidos del ambiente exterior se caracterizarán por los niveles e índices, valorados en dBA, que para cada caso se especifican.

En el Anexo 2 se estudian las fuentes de ruido más frecuentes, estableciéndose valores orientativos de los niveles de ruido que producen.

### **Artículo 5.º Condiciones acústicas del ambiente exterior**

A efectos de esta Norma el ambiente interior se caracteriza por los niveles de inmisión valorados en dBA, así como por el nivel de vibración y el tiempo de reverberación.

En el Anexo 5, se establecen, a título indicativo, los niveles límite recomendables para los distintos ambientes.

## **Capítulo II Directrices generales**

### **Artículo 6. En el planeamiento urbanístico**

En planeamiento se estima procedente la consideración de las siguientes directrices:

6.1 Ubicación de los aeropuertos en zonas dispuestas al efecto, que garantice que los asentamientos urbanos más próximos no queden situados en el interior del área definida por la línea de índice de ruido correspondiente a 40 NNI.

6.2. Ubicación de zonas industriales en áreas dispuestas al efecto, que garantice que en los asentamientos urbanos más próximos no se produzcan, por su sola causa, niveles de ruido equivalente  $L_{eq}$  superiores a 60 dBA, durante un período de tiempo representativo de veinticuatro horas.



6.3. Ubicación y trazado de vías férreas en bandas dispuestas al efecto, que garanticen que en los asentamientos urbanos más próximos no se produzcan, por sola causa, niveles de ruido continuo equivalente  $L_{eq}$  superiores a 60 dBA, durante un período de tiempo representativo de veinticuatro horas.

6.4. Ubicación y trazado de las vías de penetración con tráfico rodado pesado, en bandas dispuestas al efecto, que garanticen que en los asentamientos urbanos más próximos no se produzcan, por su sola causa, niveles de ruido continuo equivalente  $L_{eq}$  superiores a 60 dBA, durante un período de tiempo representativo de veinticuatro horas.

6.5. Ubicación y trazado de las autopistas urbanas, en bandas dispuestas al efecto, que garanticen que en los asentamientos urbanos más próximos no se produzcan por su sola causa, niveles de ruido continuo equivalente  $L_{eq}$  superiores a 60 dBA durante un período de tiempo representativo de veinticuatro horas.

6.6. Distribución de volúmenes de la edificación de modo que se protejan por efecto pantalla las partes más sensibles del edificio, de los ruidos procedentes de fuentes fijas, o de las direcciones preminentes de incidencia del ruido.

6.7. Orientación de los edificios de modo que presenten la menor superficie de exposición de áreas sensibles al ruido en la dirección prominente de incidencia del mismo.

### **Artículo 7.º En el proyecto de edificios**

En la concepción y distribución interna de las edificaciones es oportuno considerar, especialmente en edificios de vivienda, las siguientes directrices:

7.1. Concentración de áreas destinadas al alojamiento de los servicios comunitarios en zonas que no requieran un alto nivel de exigencias acústicas.

7.2. Agrupación de recintos de igual uso, de una misma propiedad o usuario, en áreas definidas.

7.3. Agrupación de áreas de igual uso, pertenecientes a propiedades o usuarios distintos.

7.4. Superposición de áreas de igual uso en las distintas plantas del edificio.

7.5. Situación y ubicación de huecos, puertas y ventanas, lo más alejados y desfilados de otros pertenecientes a otras áreas, o a propietarios distintos.

7.6. Disposición de vestíbulos o distribuidores entre las puertas de acceso a la propiedad y las áreas que requieran un alto nivel de exigencias acústicas.

### **Artículo 8.º En el proyecto de las instalaciones**

En la concepción y diseño de las instalaciones es oportuno considerar, especialmente en edificios de vivienda, las siguientes directrices

8.1. Trazado e instalación de canalizaciones por áreas que no requieran alto nivel de exigencias acústicas.

8.2. Instalación de los equipos comunitarios generadores de ruido, en locales dispuestos al efecto en zonas que no requieran un alto nivel de exigencias acústicas, procurando además que aquellos sean de bajo nivel de emisión de ruido.

8.3. Situación de los aparatos elevadores en áreas que no requieran un alto nivel de exigencias acústicas.

## **Capítulo III Condiciones exigibles a los elementos constructivos**

### **Artículo 9.º Condiciones generales**

Desde el punto de vista de esta Norma, la misión de los elementos constructivos que conforman los recintos, es impedir que en éstos se sobrepasen los niveles de inmisión recomendados en el Anexo 5. Teniendo en cuenta que los recintos requieren niveles distintos de exigencias acústicas según su función y dados los distintos condicionantes exteriores e interiores, se establecen condiciones para los diferentes elementos constructivos en los artículos siguientes del presente Capítulo, con la excepción de aquellos de separación de salas de máquinas que se tratan en el Capítulo IV.

En el Anexo 3 se establecen procedimientos y métodos de cálculo para la evaluación de las características acústicas de los distintos elementos constructivos.

### **Artículo 10.º Particiones interiores**

A efectos de esta NBE, se consideran particiones interiores a los elementos constructivos verticales siguientes, excluidas las puertas:

-Elementos separadores de locales pertenecientes a la misma propiedad o usuario en edificios de uso residencial.

-Elementos separadores de locales utilizados por un solo usuario en edificios de usos residencial público o sanitario.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a las particiones interiores se fija en 30 dBA para las que compartimentan áreas del mismo uso y en 35 dBA para las que separan áreas de usos distintos.

### **Artículo 11.º Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos**

A efectos de esta NBE, se consideran paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos a las siguientes:

-Paredes medianeras entre propiedades o usuarios distintos, en edificios de usos residencial privado o administrativo y de oficina.

-Paredes separadoras de habitaciones destinadas a usuarios distintos en edificios de usos residencial público y sanitario.

-Paredes separadoras de aulas en edificios de uso docente.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

## **Artículo 12.º Paredes separadoras de zonas comunes interiores**

A efectos de esta NBE, se consideran paredes separadoras de zonas comunes interiores, alas siguientes, excluidas las puertas:

- Paredes que separan las viviendas o los locales administrativos y de oficinas, de las zonas comunes del edificio, tales como cajas de escalera, vestíbulos o pasillos de acceso, y locales de servicio comunitario.
- Paredes que separan las habitaciones de las zonas comunes del edificio, análogas a las señaladas anteriormente, en edificios de usos residencial público y sanitario.
- Paredes que separan las aulas de las zonas comunes del edificio, análogas a las señaladas anteriormente, en edificios de uso docente.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA

## **Artículo 13.º Fachadas**

A efectos de esta NBE se consideran fachadas a los elementos constructivos verticales o con inclinación superior a 60º sobre la horizontal, que separan los espacios habitables del edificio, del exterior.

El aislamiento acústico global mínimo de ruido aéreo  $a_q$  exigible a estos elementos constructivos en cada local de reposo se fija en 30 dBA. En el resto de los locales, excluidos los de servicio como cocinas y baños, se considera suficiente el aislamiento acústico proporcionado por ventanas con carpinterías de la Clase A-1 como mínimo, provistas de acristalamientos de espesor igual o superior a 5-6 mm.

## **Artículo 14.º Elementos horizontales de propietarios o usuarios distintos**

A efectos de esta NBE, se considera elemento horizontal de separación de dos espacios o locales al conjunto de techo, forjado y solado, siempre que al menos uno de los locales que separa tenga uno de los usos que se señalan en el Artículo 2.º de esta Norma.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

El nivel de ruido de impacto normalizado  $L_n$  en el espacio subyacente no será superior a 80 dBA, con la excepción de que estos espacios sean exteriores o no habitables como porches, cámaras de aire, garajes, almacenes o salas de máquinas.

## **Artículo 15.º Cubiertas**

A efectos de esta NBE, se considera cubierta al conjunto de techo, forjado o elemento estructural y cubrición propiamente dicha.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

En azoteas transitables, el nivel de ruido de impacto normalizado L<sub>N</sub> en el espacio subyacente no será superior a 80 dBA, con la excepción de que estos espacios sean no habitables como trasteros y salas de máquinas.

## **Capítulo IV Condiciones exigibles a las instalaciones**

### **Artículo 16.º Condiciones generales**

A fin de evitar la transmisión de ruido y vibraciones producidas por las distintas instalaciones y equipos que las componen en los locales habitados próximos, las instalaciones cumplirán las exigencias al respecto señaladas en sus reglamentaciones específicas, debiendo cumplirse además las prescripciones que se detallan en los artículos siguientes.

### **Artículo 17.º Equipos comunitarios**

A efectos de esta NBE, se definen como equipos comunitarios aquellos susceptibles de generar ruido o vibraciones en régimen de uso normal, que formen parte de las instalaciones hidráulicas, de ventilación, de climatización, transporte y electricidad, estableciéndose para estos equipos y los locales o plantas técnicas donde se ubiquen las siguientes exigencias:

17.1. El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a los elementos constructivos horizontales y verticales que conforman los locales donde se alojen los equipos comunitarios se fija en 55 dBA con independencia de lo señalado en el Capítulo III.

17.2. En caso de existencia de salas de máquinas en varios niveles del edificio, situadas en contacto con plantas habitables, se desarrollarán soluciones especiales, de acuerdo con las características de los equipos a instalar, que eviten la transmisión de ruido y vibraciones a las plantas habitables.

17.3. Los fabricantes de los equipos detallarán, en su documentación técnica, los niveles de potencia acústica en dBA que originan en régimen de funcionamiento normal, explicitando, en su defecto, el nivel sonoro en dBA emitido por el equipo en régimen de funcionamiento normal, medido a 1,50 m del equipo y a 1,50 m de altura, en condiciones de campo libre.

17.4. La implantación de los equipos se realizará en caso necesario sobre amortiguadores o elementos elásticos y/o sobre bancada aislada de la estructura. La conexión de los equipos con las canalizaciones se realizará mediante dispositivos antivibratorios.

### **Artículo 18.º Canalizaciones hidráulicas y conductos de aire**

Estas canalizaciones se trazarán, siempre que sea posible, por áreas que no requieran un alto nivel de exigencias acústicas, instalándose preferentemente por conductos de obra registrables, y fijándose mediante dispositivos antivibratorios

Las canalizaciones hidráulicas estarán dotadas de dispositivos que eviten los golpes de ariete.

En las redes de saneamiento será exigible la correcta ventilación de las bajantes, a fin de evitar los ruidos producidos por pistón hidráulico.

La superficie interior de los conductos de acondicionamiento de aire y de ventilación mecánica, en caso necesario, se revestirá con material absorbente.

# Capítulo V Cumplimiento y control

## Artículo 19.º Cumplimiento de la norma en el Proyecto

En la Memoria del Proyecto básico del edificio se aludirá al cumplimiento de la presente norma.

En la Memoria Técnica del Proyecto de ejecución deberán expresarse los valores relativos al cumplimiento de lo establecido en esta Norma y los cálculos justificativos pertinentes, debiendo cumplimentarse para ello la Ficha Justificativa, cuyo modelo figura en el Anexo 3.

En el Pliego de Condiciones se indicarán las características y las condiciones de ejecución de los elementos constructivos e instalaciones del edificio que afecten a SU aislamiento acústico.

## Artículo 20.º Cumplimiento de la Norma por las entidades supervisoras de los Proyectos

Para extender visado formal de un Proyecto de edificación, los Colegios profesionales comprobarán, dentro de la esfera de su competencia, que se contienen los valores y justificaciones que a dichos documentos exige el Artículo 19.º de esta Norma.

Del mismo modo, y para extender visado técnico, los organismos procedentes comprobarán, dentro de la esfera de su competencia, que los valores y cálculos correspondientes se ajustan y cumplen lo prescrito en la presente Norma.

## Artículo 21.º Control de la recepción de materiales

La dirección facultativa de la obra comprobará que los materiales recibidos en obra corresponden a lo especificado en el Pliego Particular de Condiciones, teniéndose en cuenta las prescripciones generales señaladas en el Anexo 4.

## Artículo 22.º Control de la ejecución

La dirección facultativa comprobará que la obra se realiza de acuerdo con las especificaciones del Proyecto de ejecución. Cualquier modificación que pueda introducirse quedará reflejada en el Proyecto final de ejecución, sin que, en ningún caso, dejen de cumplirse las exigencias mínimas señaladas en esta Norma.

## Segunda parte: anexos

### Anexo 1 Conceptos fundamentales, definiciones, notaciones y unidades

A los efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen, ordenados de modo que se facilite su comprensión.

#### 1. 1 Onda acústica aérea

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

## **1. 2 Presión acústica**

Símbolo: P

Unidad: Pascal Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ )

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto.

## **1. 3 Frecuencia**

Símbolo: f

Unidad: herzio Hz

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Es equivalente al inverso del período.

## **1. 4 Frecuencias preferentes**

Son las indicadas en la Norma UNE 74.002-78, entre 100 Hz y 5.000 Hz. Para bandas de octava son: 125, 250, 500, 1.000, 2 000 y 4.000 Hz. Para tercios de octava son: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000 y 5.000 Hz.

## **1. 5 Frecuencia fundamental**

Es la frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima.

## **1. 6 Sonido**

Es la sensación auditiva producida por una onda acústica. Cualquier sonido complejo puede considerarse como resultado de la adición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas.

## **1. 7 Armónico**

Recibe el nombre de sonido armónico, de otro dado, el que tiene una frecuencia múltiplo de la frecuencia de éste. Todo sonido complejo puede considerarse como adición de un sonido fundamental, caracterizado por la frecuencia fundamental, y diversos sonidos armónicos.

## **1. 8 Octava**

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior.

## **1.9 Ruido**

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

## **1.10 Espectro de frecuencias**

Es una representación de la distribución de energía de un ruido en función de sus frecuencias componentes.

## **1.11 Ruidos blanco y rosa**

Son ruidos utilizados para efectuar las medidas normalizadas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma intensidad. Su espectro en tercios de octava es una recta de pendiente 3 dB/octava. Si el espectro, en tercios de octava, es un valor constante, se denomina ruido rosa.

## **1.12 Potencia acústica**

Símbolo: W

Unidad: vatio W

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada.

## **1.13 Intensidad acústica**

Símbolo: I

Unidad: vatio por metro cuadrado W/m<sup>2</sup>

Es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

## **1.14 Nivel de presión acústica**

Símbolo: L<sub>p</sub>

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_0}$$

donde:

P es la presión acústica considerada, en Pa.

P<sub>0</sub> es la presión acústica de referencia que se establece en 2.10<sup>-5</sup> Pa.

### 1.15 Nivel de intensidad acústica

Símbolo: L<sub>i</sub>

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \text{ Log } \frac{I}{I_0} \quad [2]$$

donde:

I es la intensidad acústica considerada, en W/m<sup>2</sup>

I<sub>0</sub> es la intensidad acústica de referencia, que se establece en 10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup>

### 1.16 Nivel de potencia acústica

Símbolo L<sub>w</sub>

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_w = 10 \text{ Log } \frac{W}{W_0} \quad [3]$$

donde:

W es la potencia acústica considerada, en W

W<sub>0</sub> es la potencia acústica de referencia, que se establece en 10<sup>-12</sup> W.

### 1.17 Composición de niveles

Cuando los distintos niveles L<sub>i</sub> a componer proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \text{ log } (\sum_i 10^{(L_i/10)}) \quad [4]$$

donde:



$L_i$  es el nivel de intensidad o presión acústica del componente  $i$  en dB.

### **1.18 Tono**

Es una caracterización subjetiva del sonido o ruido que determina su posición en la escala musical. Esta caracterización depende de la frecuencia del sonido, así como de su intensidad y forma de onda.

### **1.19 Timbre**

Es una caracterización subjetiva del sonido que permite distinguir varios sonidos del mismo tono producidos por fuentes distintas. Depende de la intensidad de los distintos armónicos que componen el sonido.

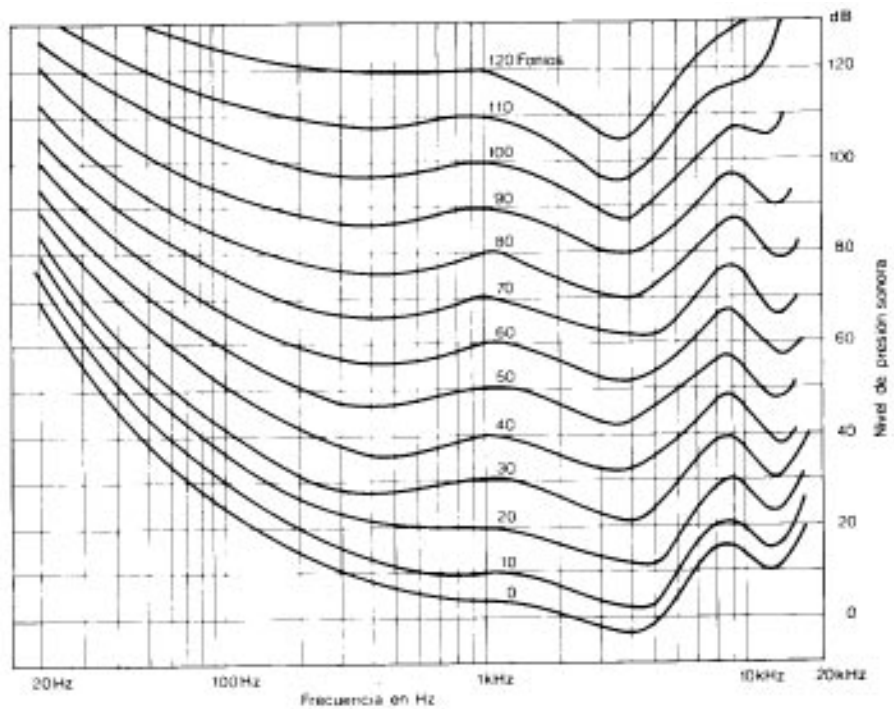
### **1.20 Sonoridad**

Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia de sonido.

### **1.21 Nivel de sonoridad**

Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido o de un ruido es de  $n$  fonios cuando, a juicio de un oyente normal, la sonoridad, en escucha binaural, producida por el sonido o ruido es equivalente a la de un sonido puro de 1.000 Hz continuo, que incide frente al oyente en forma de onda plana libre, progresiva y cuyo nivel de presión acústica es  $n$  dB superior a la presión de referencia  $P_0$ .

A continuación se representan las curvas de igual sonoridad para tonos puros que constituyen la base para la elaboración de las curvas de ponderación.

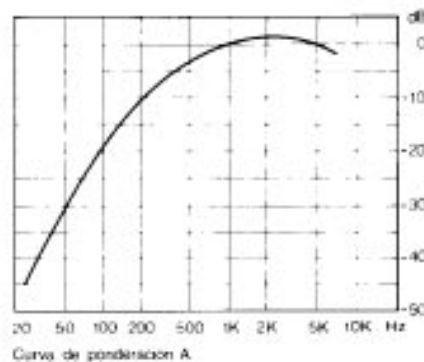


Curvas isofónicas de igual sonoridad para tonos puros

Curvas isofónicas de igual sonoridad para tonos puros

### 1.22 Escala ponderada A de niveles, decibelio A

Escala de medida de niveles que se establece mediante el empleo de la curva de ponderación A representada, tomada de la Norma UNE 21-314-75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.



Curva de ponderación A

Se utiliza como unidad el decibelio A, dBA.

En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores:

Frecuencia en Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Ponderación en dBA	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,0	-0,8

Frecuencia en Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000
Ponderación en dBA	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

### 1.23 Coeficiente de absorción

Símbolo:  $\alpha$

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.

### 1.24 Absorción acústica

Símbolo: A

Unidad: metro cuadrado,  $m^2$ .

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto.

Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$A_f = \alpha_f \cdot S \quad [5]$$

$$A = \alpha_m \cdot S \quad [6]$$

donde:

$A_f$  es la absorción para la frecuencia  $f$  en  $m^2$ .

A es la absorción media en  $m^2$ .

$\alpha_f$  es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia  $f$ .

$\alpha_m$  es el coeficiente medio de absorción del material.

S es la superficie del material, en  $m^2$ .

### 1.25 Reverberación

Es el fenómeno de persistencia del sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo.

### 1.26 Tiempo de reverberación

Símbolo: T

Unidad: segundo s

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (tiempo que tarda en reducirse el nivel de presión en 60 dB) una vez cesada la emisión de la fuente sonora. En general es función de la frecuencia.

Puede calcularse con cierta aproximación, mediante la siguiente expresión:

$$T = 0,163 \frac{V}{A} \quad [7]$$

donde:

V es el volumen del local, en m<sup>3</sup>.  
A es la absorción del local. en m<sup>2</sup>.

### 1.27 Resonadores

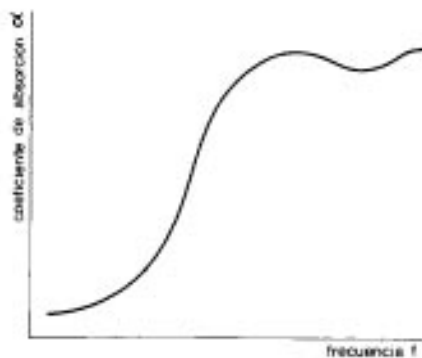
Son dispositivos absorbentes de acción preferente en bandas estrechas de frecuencias alrededor de una frecuencia de resonancia  $f_r$ , para la cual la absorción es máxima .

### 1.28 Materiales porosos

Materiales absorbentes de estructura alveolar, granular, fibrosa, etc., que actúan por degradación de la energía mecánica en calor, debida al rozamiento del aire con las superficies del material.

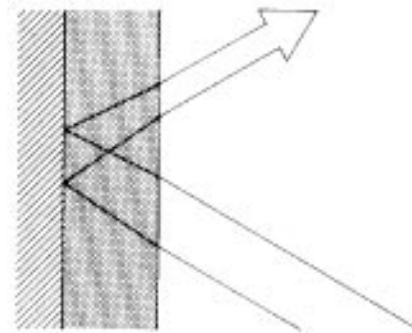
Su coeficiente de absorción crece con la frecuencia.

A continuación se representa una curva típica de absorción de los materiales porosos y un esquema simplificado de su efecto.



Absorción típica de materiales porosos

Absorción típica de materiales porosos



Esquema simplificado del efecto acústico de un material poroso

Esquema simplificado del efecto acústico de un material poroso

### 1.29 Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo

Símbolo: a

Unidad: decibelio, dB expresión:

En general es función de la frecuencia.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$a = 10 \log \frac{I_i}{I_T} = L_{ii} - L_{iT}, \text{ en dB} \quad [8]$$

donde:

$I_i$  es la intensidad acústica incidente.

$I_T$  es la intensidad acústica transmitida.

$L_{Ii}$  es el nivel de intensidad acústica incidente.

$L_{IT}$  es el nivel de intensidad acústica transmitida.

### 1.30 Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro

Símbolo: D

Unidad: decibelio dB

Es equivalente al aislamiento acústico específico del elemento separador de los dos locales.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$D = L_{I1} - L_{I2'}, \text{ en dB} \quad [9]$$

donde:

$L_{I1}$  es el nivel de intensidad acústica en el local emisor.

$L_{I2}$  es el nivel de intensidad acústica en el local receptor.

### 1.31 Aislamiento acústico normalizado a ruidoaéreo

Símbolo: R

Unidad: decibelio dB

Aislamiento de un elemento constructivo medido en laboratorio en condiciones señaladas en la Norma UNE 74-040-84 (3). Se define mediante la siguiente expresión:

$$R = D + 10 \log (S/A) = L_{I1} - L_{I2} + 10 \log (S/A), \text{ en dB} \quad [10]$$

donde:

S es la superficie del elemento separador, en  $m^2$

A es la absorción del recinto receptor, en  $m^2$

### 1.32 Aislamiento acústico en dBA

Es la expresión global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado R.

### 1.33 Aislamiento de un elemento constructivo simple

El aislamiento específico de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas, y puede calcularse aproximadamente por la ley de masa, que establece que la reducción de intensidad acústica a través de un determinado elemento es función del cuadrado del producto de la masa unitaria  $m$  por la frecuencia considerada  $f$ .

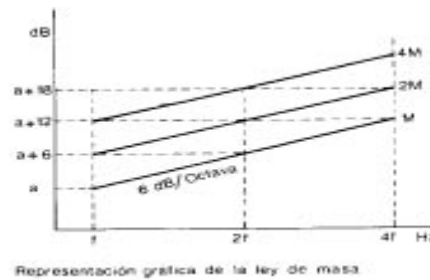
$$a \approx (f \cdot m)^2 \quad [11]$$

ecuación que expresada en decibelios se transforma en:

$$a \approx 10 \log (f \cdot m)^2 \quad [12]$$

De donde se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6 dB cuando se duplica la masa. Análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia.

A continuación se representa gráficamente la ley de masa.



Representación gráfica de la ley de masa

### 1.34 Frecuencia de coincidencia

Lo expuesto en el epígrafe anterior se obtiene a partir de un modelo físico simplificado, formado por masas independientes, mientras que en la realidad la naturaleza elástica de los elementos entraña la correspondiente ligazón entre las masas. En una zona de frecuencias determinada en torno a la que se denomina frecuencia de coincidencia  $f_c$ , la energía acústica incidente se transmite a través de los paramentos en forma de ondas de flexión, que se acoplan con las ondas del campo acústico produciéndose una notable disminución del aislamiento.

La frecuencia de coincidencia  $f_c$  se define mediante la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{6,4 \cdot 10^4}{d} \sqrt{\frac{\rho (1 - \sigma^2)}{E}} \quad [13]$$

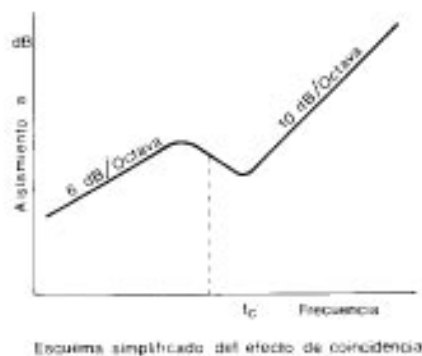
donde:

$d$  es el espesor del paramento, en m

$\rho$  es la densidad del material del paramento en  $\text{kg/m}^3$

$\sigma$  es el coeficiente elástico de Poisson del material

$E$  es el módulo de elasticidad de Young del material, en  $\text{N/m}^2$



A continuación se representa esquemáticamente el efecto de coincidencia.

### 1.35 Aislamiento de elementos constructivos múltiples

La dependencia entre el aislamiento y la masa y la necesidad de obtener valores de aislamiento cada vez más exigentes, hacen preciso utilizar sistemas y medios apropiados, que

garanticen el aislamiento exigido sin que la masa crezca desproporcionadamente al aislamiento. La solución más usual es la de fraccionar el elemento en dos o más hojas separadas entre sí, aunque prácticamente no se puede conseguir totalmente la separación, por lo que la vibración de una de las hojas se transmite a las otras en mayor o menor grado.

El comportamiento de los elementos múltiples depende de diversos factores que se estudian a continuación

### 1.35.1 Influencia de la ligazón elástica entre las hojas componentes

Suponiendo un elemento formado por dos hojas rígidas e indeformables, unidas entre sí únicamente por el aire de la cámara que forman, o por un dispositivo elástico, el elemento se comporta como un conjunto de dos masas  $m_1$  y  $m_2$ , ligadas por un resorte de rigidez  $K$  de forma que el conjunto presenta una frecuencia de resonancia  $f_r$  definida por la siguiente expresión:

$$f_r^2 = \frac{K}{4\pi^2} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \quad [14]$$

Expresión que para una lámina de aire de espesor  $d$  se convierte en:

$$f_r = 60 \sqrt{\frac{1}{d} \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [15]$$

donde:

$d$  se expresa en m

$m_1$  y  $m_2$  se expresan en  $\text{kg/m}^2$

Para esta frecuencia de resonancia, la transmisión del sonido a través del paramento puede ser incluso mayor que si las dos hojas estuvieran rígidamente unidas.

Debido a esto se deben escoger hojas y separaciones que garanticen que la frecuencia de resonancia del conjunto esté por debajo del dominio de las frecuencias que se desean aislar.

En un paramento constituido por dos hojas separadas entre sí únicamente por aire, se producen resonancias cada vez que la distancia entre hojas es igual a un múltiplo de la semilongitud de onda, casos en los que la transmisión es prácticamente total, y cuyos efectos pueden disminuirse con la colocación de un material absorbente en la cámara formada por ambas hojas.

### 1.35.2 Influencia de la ligazón rígida entre las hojas componentes

En el caso de elementos formados por dos hojas rígidamente unidas a un bastidor común, cabría considerar que el conjunto se comporta como una sola hoja, mientras que la realidad es que el proceso se complica, transmitiéndose el sonido por el aire y por las ligazones.

El caso de un elemento formado por una hoja relativamente posada doblada con otra relativamente ligera, rígidamente unidas, proporciona una mejora de aislamiento, tanto mayor cuanto menor sea el número de ligazones, siendo en todo caso mejor la ligazón por puntos que la ligazón por líneas.

### 1.35.3 Influencia de los elementos constructivos adyacentes. Transmisiones indirectas

En el campo de la edificación, los elementos adyacentes al de separación no juegan sólo un papel pasivo como elementos absorbentes, sino que vibran ante el campo acústico aéreo del mismo modo que el elemento separador, al cual transmiten sus propias vibraciones teniendo lugar lo que se denomina transmisión indirecta. Es complejo determinar la cuantía de las citadas transmisiones indirectas, aunque a título indicativo pueden establecerse los valores que se exponen a continuación:

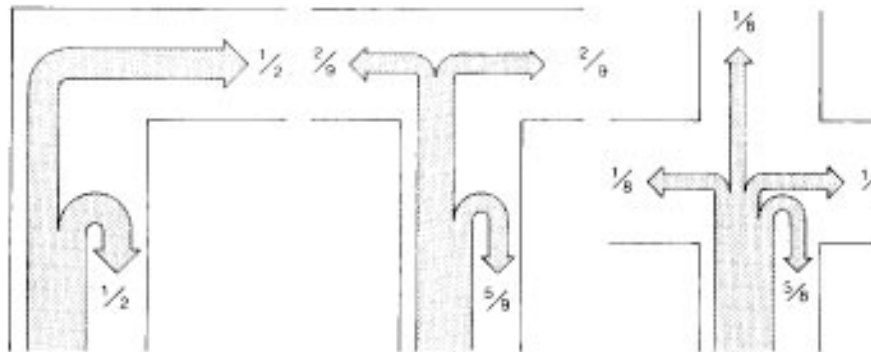
- a) En construcciones homogéneas, es decir, cuando el elemento separador y los adyacentes son de la misma masa, las transmisiones por vía indirecta reducen el aislamiento del elemento separador en unos 5 dB.
- b) En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador tiene una masa sensiblemente superior a la de los adyacentes, la reducción es netamente superior a 5 dB.
- c) En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador es ligero en comparación con los adyacentes, las transmisiones por vía indirecta son despreciables ante la magnitud de la transmisión directa.

### 1.35.4 Influencia de la estructura

Las vibraciones que ocasiona una onda acústica o una perturbación de origen mecánico en un elemento estructural no quedan confinadas en dicho elemento, sino que, una parte se disipa en calor, otra se transmite al otro lado del elemento y una tercera se transmite por las uniones a elementos estructurales adyacentes, en los que a su vez se repite el proceso indicado.

La evaluación de estas transmisiones es compleja, estando, sin embargo, resuelta en forma aceptable en el caso en el que todos los elementos horizontales y verticales sean análogos.

En la figura se representa, de forma simplificada, la distribución de la energía en uniones constructivas más corrientes.



Esquema simplificado del reparto de energía acústica en uniones constructivas típicas

Esquema simplificado del reparto de energía acústica en uniones constructivas típicas

### 1.36 Aislamiento global de elementos constructivos mixtos

En el campo de la edificación es normal la presencia de elementos formados por elementos constructivos distintos, caracterizados por aislamientos específicos muy diferentes entre sí. El



aislamiento acústico del elemento debe ser estudiado, en este caso, desde un punto de vista global, contemplando las áreas de los distintos elementos y sus aislamientos específicos.

El aislamiento acústico global  $a_g$  de un elemento mixto puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$a_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}} \quad [16]$$

donde:

$S_i$  es el área del elemento constructivo  $i$ , en  $m^2$ .

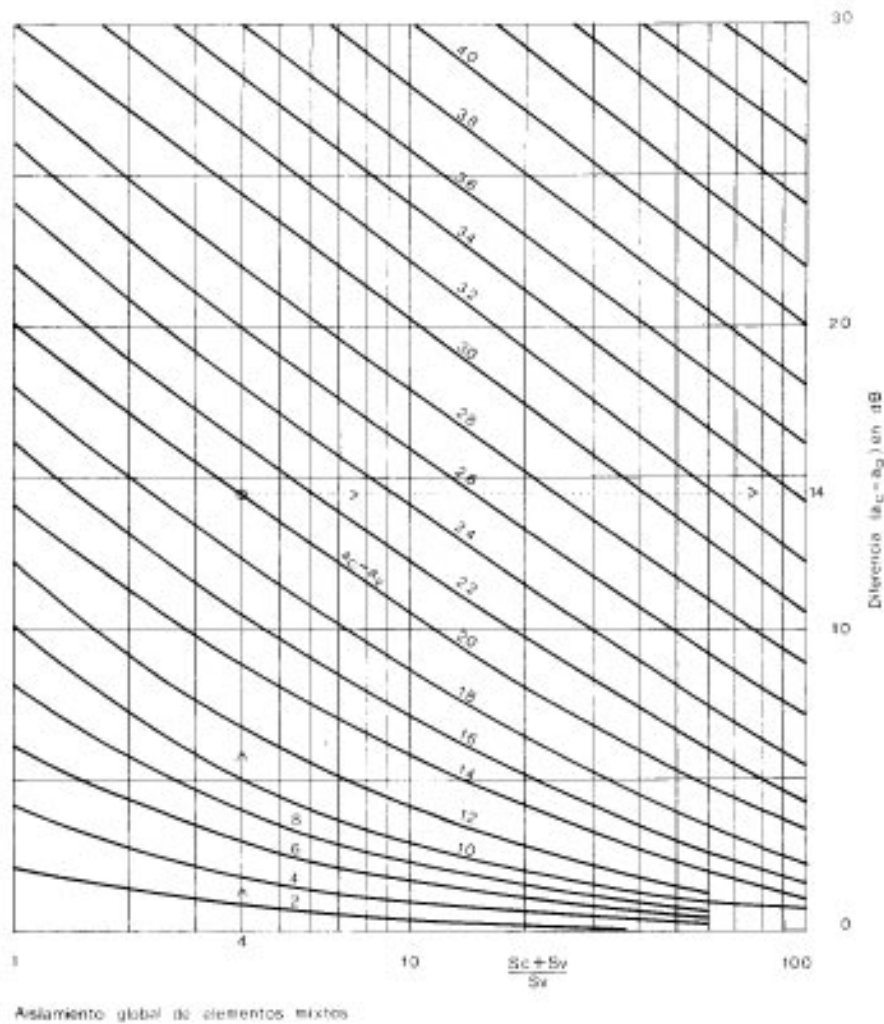
$a_i$  es el aislamiento específico del elemento constructivo de área  $S_i$  en dB.

En el caso más sencillo de un cerramiento con ventana, de áreas  $S_c$  y  $S_v$  y de aislamientos  $a_c$  y  $a_v$  correspondientes respectivamente a las partes ciegas y de ventana, aplicando a expresión [16] se obtiene:

$$a_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}} \quad [17]$$

Esta expresión se representa gráficamente en el ábaco siguiente, en el que se comprueba que el aislamiento global de un elemento constructivo mixto es como máximo 10 dB mayor que el del elemento constructivo más débil desde el punto de vista acústico, por lo que en el caso de fachadas será preciso, para mejorar el aislamiento acústico, mejorar el aislamiento de las ventanas frente al de las partes ciegas.

A título de ejemplo y para mostrar el uso del ábaco, para un cerramiento con ventana, con aislamiento de 20 dBA y un área del 25% del total, cuya parte ciega tiene un aislamiento de 40 dBA, se obtiene una diferencia  $a_c - a_g$  de 14 dBA, lo que representa un aislamiento global  $a_g$  de  $40 - 14 = 26$  dBA.



### Aislamiento global de elementos mixtos

En cualquier caso, es de resaltar como problema específico de los paramentos, el problema que generan las holguras y las rendijas de las carpinterías, ya que pueden causar disminuciones de aislamiento del orden de 3 a 5 dB y cuyo único tratamiento son las bandas de estanquidad y los resaltes. Igualmente importante es la disminución de aislamiento que se produce por causa de las rendijas que aparecen en cerramientos con persianas enrollables exteriores, que se cifra en 5 dB, y cuyo refuerzo debe hacerse minimizando estas rendijas, colocando bandas de estanquidad, reforzando la estructura de la caja, y añadiendo un tratamiento absorbente en el interior.

#### 1.37 Nivel de ruido de impacto normalizado $L_n$

Es el nivel de ruido producido por la máquina de impactos que se describe en la Norma UNE 74-040 84 (6), en el recinto subyacente.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$L_n = L + 10 \log (A/10) [18]$$

donde:

L es el nivel directamente medido en dB.

A es la absorción del recinto en m<sup>2</sup>.

### 1.38 Intensidad de percepción de vibraciones K

Es un parámetro subjetivo obtenido como media experimental de gran número de ensayos.

Corresponde a la percepción subjetiva de las vibraciones en el margen de 0,5 a 80 Hz.

Se define mediante la siguiente expresión empírica.

[19]

donde:

$a_a$  es la amplitud de la aceleración en m/s<sup>2</sup>

b es un coeficiente experimental de valor 12,5 s<sup>2</sup>/mm.

$f_0$  es 10 Hz.

### 1.39 Cuadro de notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad
P	Presión acústica	Pa
f	Frecuencia	Hz
W	Potencia acústica	W
I	Intensidad acústica	W/m <sup>2</sup>
L <sub>p</sub>	Nivel de presión acústica	dB
L <sub>i</sub>	Nivel de intensidad acústica	dB
L <sub>w</sub>	Nivel de potencia acústica	dB
α	Coefficiente de absorción	--
A	Absorción	m <sup>2</sup>
T	Tiempo de reverberación	s
a	Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo	dB
D	Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro	dB
R	Aislamiento acústico normalizado	dB
f <sub>c</sub>	Frecuencia de coincidencia	Hz
f <sub>r</sub>	Frecuencia de resonancia	Hz
a <sub>g</sub>	Aislamiento global de elementos mixtos	dB
L <sub>n</sub>	Nivel de ruido de impacto normalizado	dB
K	Intensidad de percepción de vibraciones	--

## Anexo 2 Condicionantes del medio

No se regulan en esta Norma el control y la emisión de ruidos exteriores o interiores a los edificios. Sin embargo, el conocimiento de las fuentes de ruido exteriores e interiores a los edificios es importante para fijar el aislamiento acústico exigible a los edificios en función de estos condicionantes del medio.

Por otra parte interesa también conocer estas fuentes en la búsqueda de soluciones que puedan cumplir estas exigencias.

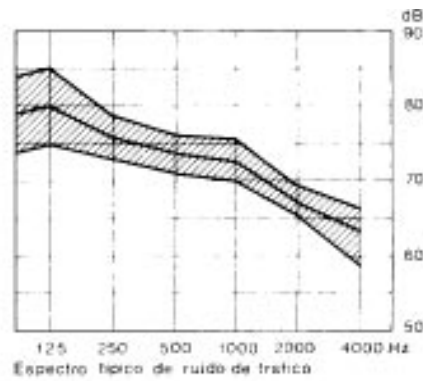
Con este fin, en este Anexo se estudian las fuentes de ruido más importantes que aparecen en el entorno de los edificios.

## 2.1 Fuentes de ruido externas a los edificios

Las fuentes de ruido externas influyen fundamentalmente en la situación y disposición de los volúmenes de la edificación en la fase del planeamiento urbanístico y en los cerramientos del edificio.

### 2,1,1 Vehículos automóbiles

El ruido generado por el tráfico rodado tiene un carácter aleatorio debido fundamentalmente a que está compuesto por aportaciones de fuentes de ruido con distintos espectros y características de emisión, tales como vehículos pesados y automóviles de turismo, en los que existen, por otra parte, distintas partes productoras de ruido. En consecuencia, la caracterización del ruido generado por el tráfico exige además de conocer su espectro energético, evaluar su fluctuación en el tiempo, siendo necesario para ello un tratamiento estadístico que permita obtener índices globales. A continuación se representa a título de ejemplo, un espectro típico de ruido de tráfico en escala de nivel y frecuencia.



#### 2.1.1.1 Índices de valoración del Ruido de Tráfico de vehículos automóbiles

Entre los índices de valoración del ruido de tráfico de vehículos automóbiles, pueden citarse como más usados los siguientes:

##### a) Nivel L10

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación.

##### b) Nivel L50 o nivel medio

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 50% del tiempo de observación.

##### c) Nivel L90

Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación.

##### d) Nivel Leq' o nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel de dBA de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T. Su expresión matemática es la siguiente:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum t_i - 10^{L_i/10} \text{ en dBA}$$

donde:

$t_i$  es el tiempo de observación durante el cual el nivel sonoro es  $L_i \pm 2,5$  dBA. Cuando no se disponga de sonómetros integradores y dado que los sonómetros convencionales no pueden realizar la integración descrita, para determinar el nivel en cuestión, debe obtenerse el nivel medio  $L_{50}$ , y calcularse la dispersión de los niveles aplicándose después la siguiente relación matemática, siempre y cuando la distribución estadística sea gaussiana:

$$L_{eq} = L_{50} + 0,115 \sigma^2 \text{ en dBA [2]}$$

donde:

$\sigma$  es la desviación típica.

### e) Nivel LNP nivel de contaminación sonora

Es el Índice en dBA obtenido a partir del nivel de ruido equivalente  $L_{eq}$ , teniendo en cuenta la fluctuación de niveles.

Su expresión matemática es la siguiente, admitida una distribución estadística gaussiana:

$$LNP = L_{eq} + 2,56 \sigma \text{ en dBA [3]}$$

La principal ventaja de este índice es su adecuación para valorar la reacción subjetiva al ruido; sus inconvenientes radican por una parte en su obtención por métodos indirectos y por otra en la dificultad que representa para el proyectista el hecho de que el nivel medio  $L_{50}$ , y la desviación típica  $\sigma$  no decrezcan del mismo modo con la distancia.

### f) Índice TNI ó índice de ruido de trafico

Es un índice empírico en dBA que tiene en cuenta el valor del nivel sonoro  $L_{90}$ , y la dispersión. Su expresión matemática es la siguiente:

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30, \text{ en dBA [4]}$$

La principal ventaja de este índice radica en que valora adecuadamente las reacciones humanas, mejor que el nivel medio  $L_{50}$ , en casos de poca circulación (inferior a 300 vehículos/ hora).

En los casos de circulaciones medias y densas, la distribución estadística de los niveles sonoros es sensiblemente gaussiana, por lo que pueden fijarse las relaciones siguientes:

$$L_{10} = L_{50} + 1,28 \sigma, \text{ en dBA [5]}$$

$$L_{90} = L_{50} - 1,28 \sigma, \text{ en dBA [6]}$$

$$TNI = L_{50} + 9 \sigma - 30, \text{ en dBA [7]}$$

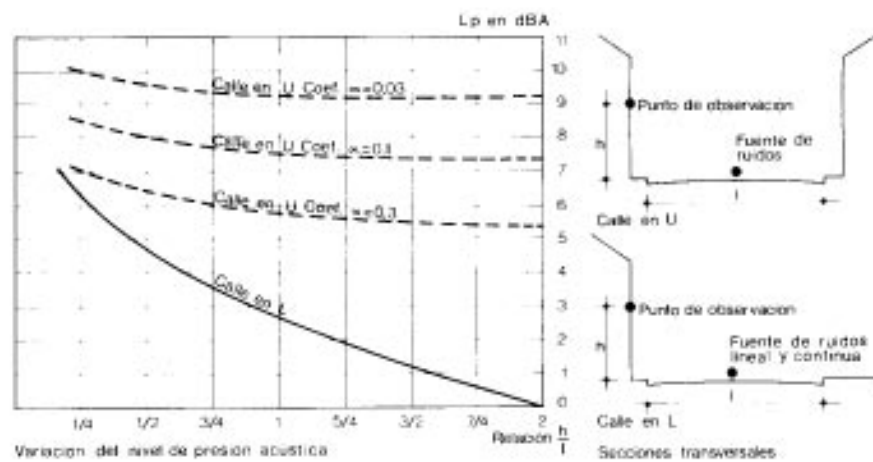
#### 2.1.1.2 Valores orientativos

Como orientación, se pueden considerar los valores de  $L_{10}$  que se incluyen en el cuadro siguiente, medidos en el borde de la calzada a una altura sobre el suelo de 1,20 m.

Tipo de vía	Nivel $L_{10}$ en dBA
Calle adoquinada en cuesta con tráfico muy denso y 30 % de vehiculos pesados	88
Calle asfaltada horizontal con tráfico muy denso y 3 % de vehiculos pesados	82
Calle asfaltada horizontal con tráfico poco denso y 10 % de vehiculos pesados	77

Estos valores deben considerarse como indicativos debiendo utilizarse modelos de predicción que tengan en cuenta las características específicas del tráfico y las vías en cuestión.

A continuación, y a título indicativo, se representa un ábaco en el que puede obtenerse la variación del nivel de presión acústica en función de la tipología del vial, de la relación entre la altura del punto de observación y el ancho de la vía y del coeficiente de absorción  $\alpha$  de las fachadas.



## 2.1.2 Aviones

De todos los medios de transporte, los aviones son los que generan mayor cantidad de energía acústica, lo que unido a su dependencia de los aeropuertos, hace que las molestias que se ocasionan en las localidades situadas en las inmediaciones de éstos sean realmente importantes.

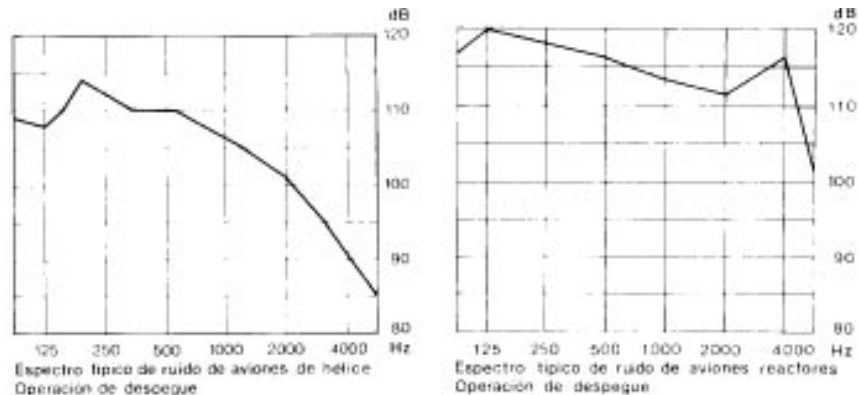
En líneas generales, puede decirse que los niveles máximos de ruido se producen en el despegue, dado que es durante esta operación cuando se exige a los motores el máximo de potencia; le sigue en importancia el sobrevuelo, y por último, el aterrizaje es la operación en la que el nivel de ruido generado es menor (20 decibelios menos que en el vuelo normal).

En cuanto a los ruidos emitidos puede decirse que los aviones de hélice producen ruidos con predominancia de frecuencias bajas mientras que los aviones a reacción ocasionan ruidos

debidos a las turbulencias procedentes de la mezcla y salida de gases de los reactores, cuya componente de alta frecuencia es altamente importante, sobre todo en el aterrizaje.

La emisión de ruido no es igual para todas las direcciones, pudiendo afirmarse que la máxima intensidad se produce hacia atrás, y se contiene en un cono de revolución cuyo eje es el del aparato, y cuya generatriz forma con dicho eje un ángulo de 30 a 45°. Al valorar estos ruidos, son necesarios índices de medida especiales que tengan en cuenta, no sólo el espectro específico del ruido y su nivel sonoro, sino también el número de vuelos que tienen lugar durante el día y/o la noche.

A continuación se representan a título de ejemplo, dos espectros correspondientes a las operaciones de despegue de aviones de hélice y reactores en escala de niveles y frecuencia.



### 2.1.2.1 Índices de valoración del ruido de aviones

El efecto perturbador del ruido en aeropuertos y zonas aledañas es función, fundamentalmente, de los valores de pico que sobrepasan el nivel de ruido ambiental, de la composición espectral del ruido y de su evolución temporal, por lo que se ha hecho necesario evaluar la molestia de los ruidos producidos por los aviones teniendo en cuenta los distintos tipos de naves y las diferentes trayectorias posibles.

Entre los índices que valoran el ruido percibido en el suelo, producido por un solo avión pueden citarse los siguientes:

#### a) Nivel $L_{PN}$ o nivel de pico de ruido percibido

Es el índice que representa el efecto subjetivo total producido por el paso de un avión, en función del nivel acústico máximo, de su composición espectral y de la evolución del ruido en el tiempo. Se mide en dB.

#### b) Nivel $L_{AX}$ o nivel acústico ponderado A de exposición al ruido

Es el índice que representa el efecto subjetivo total producido por el paso de un avión en función del nivel sonoro máximo en dBA, para un tiempo de integración de un segundo, y de la evolución del ruido en el tiempo. Se mide en dB.

Entre los índices que valoran la exposición al ruido en el suelo, producido por un conjunto de aviones, en distintas operaciones de despegue y aterrizaje y para rutas diferentes, pueden citarse los siguientes.

#### c) Índice CNR o índice compuesto de ruido

Se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{CNR} = L_{PN} + 10 \log n - 12 \text{ [8]}$$

#### d) Índice R o índice isosófico

Se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$R = L_{PN} - 10 \log n - 30$$

#### e) Índice NNI o índice de ruido y número de operaciones

Se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{NNI} = L_{PN} + 15 \log n - 80 \text{ [10]}$$

donde:

$L_{PN}$ , es el valor medio de los niveles de pico de ruido percibido.

$n$ , es el número de operaciones en el periodo considerado.

Para valoraciones aproximadas, el índice  $L_{PN}$  puede sustituirse por el índice  $L_{AX}$

### 2.1.2.2 Valores orientativos

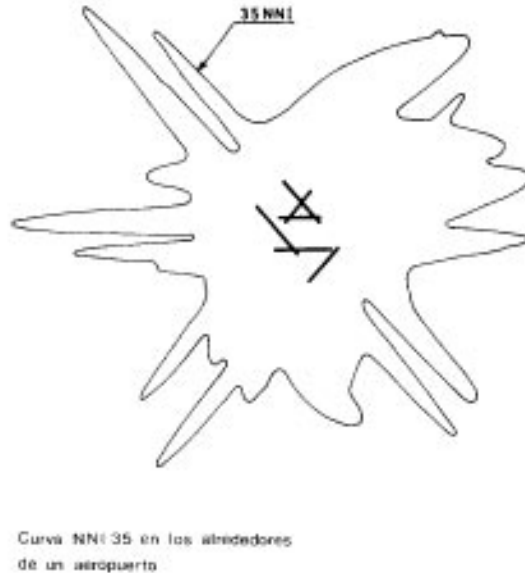
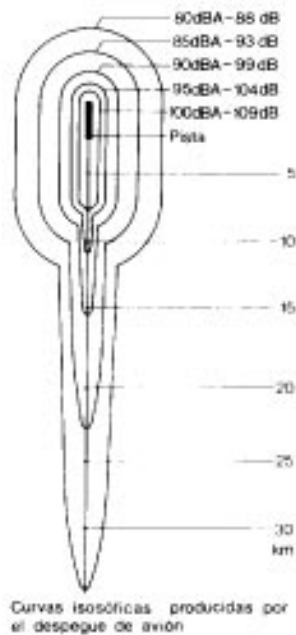
En el siguiente cuadro se indican algunos valores que dan idea del carácter contaminante de este tipo de ruido.

Tipo de operación	Niveles	
	$L_{PN}$ en dB	$L_{AX}$ en dBA
Sobrevuelo de avión reactor pesado, en aterrizaje, a dos kilómetros de la pista	115	106
Sobrevuelo de avión reactor de tipo medio, en aterrizaje, a dos kilómetros de la pista	106	97
Sobrevuelo de avión reactor a 300 m de altitud	112	103
Sobrevuelo de avión a hélice a 300 m de altitud	97	88
Despegue de avión de turbohélice a 500 m de la pista	109	100
Despegue de avión reactor a 500 m de la pista	109	100

Los valores expuestos, sin embargo, deben complementarse con estudios específicos, en los que se tengan en cuenta no sólo los distintos tipos de aeronaves sino también la frecuencia de los vuelos.

En las siguientes figuras y a título de ejemplo se muestran curvas isosóficas y NNI.





### 2.1.3 Trenes

El efecto perturbador del ruido producido por el ferrocarril de superficie es función del ruido producido por los vehículos y de la frecuencia de tráfico en un periodo de tiempo determinado. El ruido producido por los vehículos tiene como fuentes principales el sistema rueda-raíl y el sistema propulsor del vehículo tractor.

A título indicativo puede decirse que el paso de un tren a 30 m de distancia produce un nivel sonoro que varía entre 80 y 100 dBA.

El ferrocarril subterráneo no contribuye al aumento del ruido ambiente. Sin embargo, y debido a la transmisión de vibraciones por el terreno y a través de las estructuras, el ferrocarril subterráneo puede inducir niveles apreciables de ruido y vibraciones en los edificios próximos a los túneles, pudiendo llegar incluso a generar peligro para las estructuras de dichos inmuebles.

### 2.1.4 Construcción

Los ruidos que se producen en la edificación y obras públicas tienen como fuente principal la maquinaria empleada, generalmente de gran tamaño, que produce ruidos continuos de nivel fluctuante y en gran medida ruidos impulsivos.

Estos ruidos se ven incrementados por los debidos a operaciones subsidiarias realizadas normalmente con martillos neumáticos, taladros, sierras y pulidoras, pudiendo decirse en todo caso que los niveles producidos a 10 m de distancia suelen ser superiores a 90 dBA.

### 2.1.5 Actividades industriales

Los ruidos emitidos al exterior por las industrias son muy variados, tanto en su ocurrencia, como en nivel y espectro sonoro, ya que dependen no sólo del proceso industrial propiamente

dicho, sino también de las características formales, constructivas y de ubicación de las industrias y de las operaciones de acarreo y transporte de mercancías .

Esto lleva consigo, la conveniencia de situar la industria en zonas reservadas a este fin exclusivo, evitando la proximidad de viviendas, ya que es bastante común encontrar niveles de ruido en el exterior superiores a 80 dBA, cuya molestia se acrecienta en los períodos de trabajo nocturno.

### **2.1.6 Actividades urbanas comanditarias**

Estos ruidos comprenden los producidos por aquellas actividades no incluidas en los anteriores apartados y que tienen de común un carácter a su vez localizado e identificable.

Las características más acusadas de estos ruidos son la intermitencia y la variación de los niveles, que pueden alcanzar valores del orden de 90 dBA o más, como en los casos de megafonía, impactos, etc.

Entre las fuentes más habituales de estos ruidos pueden citarse las siguientes:

- Mercados y locales comerciales.
- Reparto urbano de mercancías.
- Recogida de basuras.
- Locales de espectáculos.
- Colegios.

### **2.1.7 Agentes atmosféricos**

Algunos fenómenos atmosféricos pueden dar lugar a altos niveles de ruido en el interior de los edificios. En el caso de lluvia y granizo la componente principal del ruido es la producida por los impactos en cubiertas y cerramientos, que se transmiten además por dichos elementos constructivos al interior de las edificaciones, siendo necesario, por consiguiente, en lugares especialmente lluviosos o castigados por el viento, tomar precauciones especiales, ya que pueden llegar a producirse niveles ambientales superiores a 80 dBA, en caso de edificaciones con cubiertas o cerramientos ligeros.

## **2.2 Fuentes de ruido internas a los edificios**

Reciben el nombre de fuentes de ruido internas las derivadas de la ocupación y utilización de los edificios y las ocasionadas por los servicios e instalaciones de los edificios.

Aparte del ruido aéreo, muchas fuentes internas, dependiendo de su ligazón a elementos estructurales, pueden comunicar a éstos buena parte de su energía, que se propaga sin atenuaciones apreciables, por lo que pueden producir niveles importantes de ruido en lugares del edificio muy alejados de la fuente.

A estos efectos deberán tenerse en cuenta las fuentes internas en el planteamiento de la distribución en planta y altura de los recintos, e incluso en la distribución general de volúmenes.

Al evaluar los ruidos de origen interno es importante distinguir entre fuentes propias y ajenas, ya que el efecto de molestia de una misma fuente es distinto, según el caso, no sólo por su mayor o menor aceptación subjetiva sino también por el control de SU ocurrencia y modo de utilización.

## **2.2.1 Instalaciones**

En los epígrafes siguientes se trata de los ruidos producidos por los servicios e instalaciones de los edificios, incluyéndose a veces recomendaciones para su reducción.

### **2.2.1.1 Instalaciones de fontanería**

Constituyen una importante fuente de generación y radiación de ruido. Las bombas de circulación pueden llegar a generar niveles de 90 dBA en el local en que se alojan, transmitiéndose las vibraciones por las canalizaciones, estructura y por el propio fluido.

Las canalizaciones constituyen, por otra parte, excelentes elementos transmisores de los ruidos propios, originados por regímenes de circulación turbulentos, cuando se alcanzan velocidades superiores a 3 m/s, como consecuencia en muchos casos, de un diseño inadecuado o de defectos de montaje.

Otra importante fuente de ruido, en estas instalaciones, la constituyen los grifos, cuyo nivel de emisión sonora crece, en general, con la presión y la velocidad, variando con su grado de apertura debido a fenómenos de cavitación. Por otro lado, puede producirse el denominado golpe de ariete, ocasionado por una onda de choque que recorre las canalizaciones y cuya eliminación se hace posible utilizando elementos de expansión.

Los ruidos de llenado y vaciado de aparatos sanitarios pueden alcanzar niveles de 75 dBA en el recinto donde están ubicados, por lo que además de reducir el impacto directo, deberán instalarse interponiendo elementos aislantes.

### **2.2.1.2 Instalaciones de salubridad**

#### **a) Saneamiento**

Prescindiendo de los ruidos producidos por las bombas de circulación y de los ruidos de llenado y vaciado de recipientes, ya señaladas en el epígrafe anterior, destaca en estas instalaciones el ruido producido por pistón hidráulico en bajantes defectuosamente ventiladas.

#### **b) Vertido de basuras**

Constituyen fuentes esporádicas de ruido aéreo y estructural que pueden alcanzar niveles de 80 dBA en su interior.

Su instalación se realizará aislándolos acústicamente del resto de la edificación.

Las compuertas de vertido deben quedar aisladas de la estructura y provistas de juntas elásticas y cierre a presión, siendo preciso igualmente un tratamiento amortiguador del recinto y del recipiente de recogida que atenúe los ruidos que se producen.

### **2.2.1.3 Instalaciones de calefacción**

Las calderas y quemadores constituyen fuentes importantes de generación y radiación de ruidos, que pueden producir niveles, en el propio recinto en que se alojan, comprendidos entre 70 y 90 dBA con un espectro rico en bajas frecuencias.

Las canalizaciones y bomba de circulación actúan según se expuso en el epígrafe 2.2.1.1, Instalaciones de fontanería.

Del mismo modo, los radiadores actúan como emisores de los ruidos originados en la sala de máquinas y en las propias tuberías.

En cuanto a los radiadores eléctricos, puede señalarse que dan lugar a sistemas mecánicos resonantes, que producen ruidos en los que predominan las frecuencias discretas, y que pueden transmitirse a los paramentos a través de los soportes de sujeción, por lo que éstos deben independizarse de aquellos mediante elementos elásticos.

#### **2.2.1.4 Instalaciones de ventilación**

Los sistemas de ventilación de cuartos de baño y cocinas constituyen, en muchos casos, una vía de fácil propagación de ruido aéreo entre locales e incluso de inmisión del ruido exterior.

En los sistemas con chimeneas de ventilación debe procurarse un diseño adecuado, de modo que se consiga una aceptable separación acústica. A estos efectos, es de tener en cuenta que un codo recto supone para la palabra, una atenuación media del orden de 3 dBA..

#### **2.2.1.5 Instalaciones de climatización**

Los sistemas de climatización facilitan la propagación de ruidos y vibraciones procedentes de la maquinaria, a lo largo de sus conductos, constituyendo además una vía de transmisión de ruidos entre recintos próximos.

En todo caso la propagación por los conductos puede reducirse mediante revestimiento de las superficies interiores con materiales absorbentes.

Una fuente adicional de ruido en estos sistemas son las rejillas, que exigen un diseño aerodinámico especialmente cuidado, y una disminución de la velocidad de impulsión, ya que es habitual encontrar niveles de ruido producidos por ellas de 40 dBA.

En cuanto a los acondicionadores de aire unitarios cabe señalar que producen ruidos en los que predominan las bajas frecuencias, por lo que su instalación ha de realizarse de modo que se evite la transmisión de energía acústica a la estructura del inmueble, mediante apoyos y dispositivos elásticos.

#### **2.2.1.6 Instalaciones eléctricas**

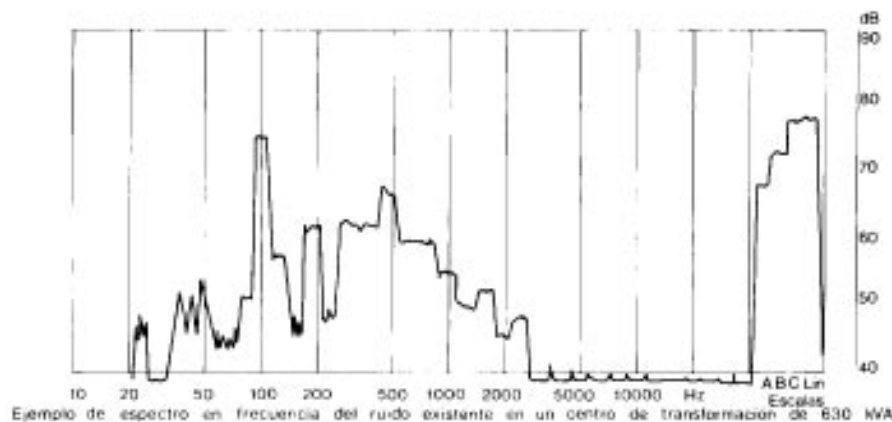
En los sistemas de iluminación las fuentes de ruido se centran principalmente en las reactancias, tubos fluorescentes, interruptores y relés de conmutación de los temporizadores.

Los ruidos producidos por las reactancias y fluorescentes pueden llegar a cifrarse en 60 dBA, siendo especialmente molestos, ya que emiten continuamente frecuencias discretas, amplificándose normalmente por defectos de montaje y de mantenimiento.

Los relés de conmutación producen ruidos impulsivos que llegan a alcanzar niveles de 75 dBA, cuya reducción exige el montaje mediante soportes elásticos, generalmente suplementados con blindaje adicional, revestido interiormente con material absorbente.

Los centros de transformación ubicados en el interior de los edificios habitados constituyen en la mayoría de los casos una fuente importante de ruido y de vibraciones, por lo que los recintos en los que se alojan deben ser tratados acústicamente.

A continuación y a título de ejemplo se representa el espectro en escala de frecuencias y niveles, del ruido existente en el interior de un centro de transformación de 630 kVA.



### 2.2.1.7 Instalaciones de transporte vertical

En las instalaciones de ascensores y montacargas el ruido se produce fundamentalmente en el cuarto de máquinas, y es tanto aéreo como estructural.

Su reducción requiere cuidar el emplazamiento y el aislamiento del cuarto de máquinas respecto al interior del edificio, estudiando especialmente el montaje antivibratorio de la maquinaria y la situación y tratamiento de las puertas de acceso.

### 2.2.1.8 Electrodomésticos

Estos aparatos generan ruido aéreo y estructural, siendo el primero el más significativo, con un espectro en el cual predominan las frecuencias bajas y medias.

Los niveles sonoros se aproximan a 70 dBA, excepto en el caso de los lavaplatos que pueden generar niveles de hasta 90 dBA y de los frigoríficos que producen niveles apreciablemente inferiores cuya media puede cifrarse en 35 dBA aproximadamente.

Aparte de esto, las lavadoras y lavaplatos plantean problemas específicos debido a la toma y descarga de agua, por lo que tomas y desagües deben cuidarse especialmente, ya que el efecto que producen puede sobrepasar en muchos casos el producido por las canalizaciones propiamente dichas. Igualmente importante es el problema relativo a la nivelación que debe realizarse con la mayor precisión posible a fin de que los equipos trabajen en condiciones óptimas de funcionamiento, con la consecuente disminución de ruido y vibraciones.

## 2.2.2 Actividades de las personas

### 2.2.2.1 Pisadas

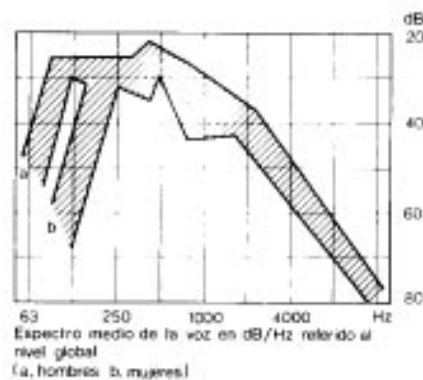
Producen un ruido típico que se transmite fundamentalmente por la estructura, y cuyas características espectrales y de nivel dependen del tipo de pavimento, del calzado del ocupante y del ritmo de sus pisadas.

Generalmente es un ruido rico en bajas frecuencias, que se transmiten primordialmente al recinto subyacente y cuyo nivel de inmisión puede alcanzar en ciertos casos 55 dBA.

### 2.2.2.2 Conversación

Los niveles sonoros medios que produce la conversación, se cifran en 70 dBA, 76 dBA en los casos en que se fuerza la voz, pudiendo llegar a los 100 dBA en el caso de gritos.

Su espectro se representa en la figura siguiente:



### 2.2.2.3 Equipos de reproducción sonora

Producen niveles de utilización comprendidos entre 65 y 70 dBA, aunque en algunos casos se pueden superar los 90 dBA.

Su espectro es función del tipo de programa emitido, aunque generalmente predominan las frecuencias bajas y medias.

### 2.2.2.4 Instrumentos musicales

Pueden producir niveles de utilización comprendidos entre 90 y 100 dBA con intensidades máximas localizadas en la banda de frecuencias comprendidas entre 50 y 1.500 Hz.

En la reducción del ruido producido por ellos hay que considerar particularmente aquellos, que como el piano pueden transmitir una parte importante de la energía emitida a la estructura del edificio a través de sus apoyos, si no están aislados convenientemente.

### 2.2.2.5 Obras de acondicionamiento y reforma

Inciden fundamentalmente en el edificio por lo que, debido a su carácter esporádico, deben ejecutarse a horas reguladas y permitidas, excepto en casos de emergencia justificada.

### 2.2.2.6 Otros ruidos domésticos

Se engloban en este epígrafe los ruidos producidos por los juegos de niños que son análogos a los de pisadas y puede estimarse que su nivel puede alcanzar 60 dBA.

Igual importancia tiene el arrastre de muebles que producen niveles en los recintos subyacentes del orden de 65 dBA, el accionamiento de persianas enrollables que puede cifrarse igualmente en 65 dBA, o el ladrido de perros que puede alcanzar niveles del orden de 80 dBA.

## Anexo 3 Aislamiento acústico de los elementos constructivos

### 3.1 Generalidades

El presente Anexo se refiere al comportamiento de los elementos constructivos verticales y horizontales en cuanto a su eficacia como aislantes acústicos.

En general es de señalar, por una parte, la escasez de datos reales obtenidos mediante ensayo, sobre el aislamiento proporcionado por las soluciones constructivas habituales en nuestro país, y por otra, la dificultad de obtener un conocimiento suficientemente preciso del comportamiento acústico de los elementos en obra, a partir de los resultados obtenidos en los análisis realizados en laboratorio. Por ello en el presente Anexo se formulan expresiones que sin garantizar valores exactos de aislamiento, proporcionan al técnico, valoraciones que traducen el comportamiento y la gradación genérica existente entre las distintas soluciones constructivas.

No obstante se preferirán los valores de aislamiento determinados mediante los ensayos en laboratorio citados en el Anexo 4, que prevalecerán sobre los de cálculo, y se tenderá a la elaboración de listados exhaustivos que detallen el aislamiento real proporcionado por las distintas soluciones constructivas.

En la elaboración de las Tablas que figuran en los epígrafes siguientes se han tenido en cuenta los pesos específicos más usuales de los materiales que se emplean en edificación.

Es de señalar que las Tablas desarrollan las distintas expresiones matemáticas de cálculo para tales pesos, debiendo por lo tanto, realizarse los cálculos de forma analítica cuando los materiales y soluciones constructivas no se correspondan con las masas unitarias señaladas en cada Tabla.

### 3.2 Elementos constructivos verticales

#### 3.2.1 Particiones interiores

Son normalmente paramentos simples, constituidos por un material homogéneo, por mampuestos sólidamente unidos o por elementos prefabricados

El aislamiento acústico R exigible a estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 10 de esta Norma.

Los valores del aislamiento proporcionado por estos paramentos se determinarán mediante ensayo. No obstante, y en ausencia de ensayo, puede decirse que el aislamiento acústico proporcionado por particiones simples constituidas por mampuestos o materiales homogéneos, es función casi exclusiva de su masa siendo aplicables las ecuaciones siguientes que determinan el aislamiento R valorado en dBA, en función de la masa por unidad de superficie m, expresada en kg/m<sup>2</sup>:

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R = 16,6 \log m + 2, \text{ en dBA} \quad [1]$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R = 36,5 \log m - 41,5, \text{ en dBA} \quad [2]$$

Las particiones pretabricadas constituidas por elementos blandos a la flexión (frecuente de coincidencia  $f_c \geq 2.000$  Hz), como fibras o virutas aglomeradas, cartón yeso, etc., no responden a las ecuaciones anteriores. Su aislamiento es generalmente superior, dependiendo en gran parte de su diseño y realización, por lo que sus propiedades acústicas se determinarán y garantizarán mediante ensayo.

A continuación, en la Tabla 3.1, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, determinados aplicando las ecuaciones (1) y (2) y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

**Tabla 3.1**

Tipo de partición (1)	Material	Espesor en cm	Masa unitaria en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R en dBA
Tabique de	Ladrillo hueco sencillo	4	69	32
	Placa de escayola	6	60	32
		10	91	35
	Bloques de hormigón	6,5	140	38
		9	165	39
		11	210	43
Tabicón de	Ladrillo hueco	9	104	35
Cítara de	Ladrillo hueco	11,5	131	37
1/2 pie de	Ladrillo hueco	14	143	38

(1) A excepción de los tabiques de placas de escayola, se han considerado las particiones guarnecidas y enlucidas por las dos caras con un espesor de 1,5 cm en cada lado.

### 3.2.2 Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos

El aislamiento mínimo exigible a estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 11.º de esta Norma.

#### 3.2.2.1 Paredes simples

Es aplicable lo expuesto en el epígrafe 3.1, Particiones interiores.

A continuación en la Tabla 3.2, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, determinados aplicando la ecuación (2) y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

**Tabla 3.2**

Tipo de pared (1)	Espesor en cm	Masa unitaria en kg/cm <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R en dBA	
Fábrica de ladrillo cerámico perforado	Cítara ½ pie	11,5	202	43
	Asta 1 pie	14	250	46
		24	364	52
		29	460	56
Fábrica de ladrillo cerámico macizo	Cítara ½ pie	11,5	242	46
	Asta 1 pie	14	286	48
		24	444	55



Fábrica de ladrillo silicocalcáreo	Cítara	29	532	58
	Asta	11,5	252	46
Fábrica de bloques de hormigón		24	484	56
		14	225	44
		19	270	47
		29	370	52
Fábrica de hormigón armado		14	350	51
		18	450	55
		20	500	57
		24	600	60
		30	750	63

(1) A excepción de las fábricas de hormigón armado, se han considerado los paramentos guarnecidos y enlucidos con un espesor de 1,5 cm en cada lado

### 3.2.2.2 Paredes compuestas

Están constituidas por dos o más hojas simples.

Para la determinación de su aislamiento, se aplicarán los criterios que se expresan a continuación para los distintos casos.

#### a) Paredes dobles de albañilería

Formadas por dos o más hojas simples constituidas por mampuestos o materiales homogéneos.

Su aislamiento se determinará mediante ensayo, pudiendo en su defecto, utilizarse la expresión [2] en la que  $m$  es la masa total del elemento expresada en  $\text{kg/m}^2$ .

Esta ecuación únicamente podrá utilizarse cuando se cumplan las siguientes limitaciones:

- La separación entre hojas debe ser superior a 2 cm.
- La masa de la hoja más ligera debe ser superior a  $150 \text{ kg/m}^2$
- Si entre ambas hojas existe una junta de dilatación, la masa de la hoja más ligera debe ser superior a  $200 \text{ kg/m}^2$ , o bien si se mantiene el valor límite de  $150 \text{ kg/m}^2$ , deben disponerse forjados, cuyo aislamiento a ruido aéreo y de impacto sea superior en 3 dBA al exigido a estos elementos constructivos en el Artículo 14.º de esta Norma.

A continuación en la Tabla 3.3, se establecen a título indicativo los valores de aislamiento acústico proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, determinados aplicando la ecuación [2] y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

**Tabla 3.3**

Pared de dos hojas iguales (1)		Espesor de cada hoja en cm	Masa unitaria total en $\text{kg/m}^2$	Aislamiento acústico R en dBA
De fábrica de ladrillo hueco	Cítara	11,5	222	44
	1/2 pie	14	246	46
De fábrica de bloques de hormigón		11	380	53
		14	410	54
		19	500	57

(1) Se han considerado los paramentos guarnecidos y enlucidos con un espesor de 1,5 cm en cada lado.

#### b) Paredes dobles constituidas por elementos blandos a la flexión

Formadas por dos o más paredes simples, de montaje en seco, constituidas por elementos blandos a la flexión (frecuencia de coincidencia  $f_c \leq 2000 \text{ Hz}$ ), como fibras o virutas aglomeradas, cartón- yeso, etc.

Su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo.

En orden a conseguir la máxima eficacia con este tipo de paramentos, se establecen las siguientes recomendaciones:

Cada hoja estará soportada por elementos independientes entre sí, incluso en el perímetro.

La separación  $d$ , en cm, entre ambas hojas debe cumplir la siguiente expresión en la que  $m_1$  y  $m_2$  son las masas de las hojas expresadas en  $\text{kg/m}^2$ :

$$d \geq 100 \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

-La cámara debe albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.

- El conjunto debe ser estanco al aire.

### **c) Paredes dobles constituidas por una hoja de albañilería**

Su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo.

En orden a conseguir la máxima eficacia en este tipo de soluciones se establecen las siguientes recomendaciones:

- La masa del paramento de albanilerla pesará al menos  $150 \text{ kg/m}^2$

- La hoja blanda a la flexión, incluidos sus soportes, deberá estar separada de la de albañilería una distancia  $d$ , en cm, indicada en la siguiente expresión, en la que  $m$  es la masa de la hoja blanda a la flexión expresada en  $\text{kg/m}^2$ :

$$d \geq \frac{100}{m}$$

-La cámara debe albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.

### **3.2.3 Paredes separadoras de zonas comunes interiores**

El aislamiento mínimo exigible a estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 12.º de esta Norma.

Las soluciones constructivas más usuales y los valores del aislamiento que dichas soluciones proporcionan, son los establecidos en el epígrafe anterior.

### **3.2.4 Fachadas**

El aislamiento acústico global de estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 13.º de esta Norma. Dicho aislamiento viene fundamentalmente condicionado por las ventanas, dado que se trata normalmente de paramentos mixtos cuyo aislamiento global es función de los aislamientos y de la relación de áreas de sus componentes, según se indica en el Anexo 1 de esta Norma.

Es de resaltar que un incremento de  $j_0$  dBA sobre el aislamiento del elemento acústicamente más débil, es prácticamente el valor máximo que se puede esperar para el aislamiento global  $a_g$  en fachadas normales, lo cual confirma el valor determinante de las ventanas y del acristalamiento, y lo razonable de mejorarlas a fin de conseguir aislamientos globales adecuados.

#### **3.2.4.1 Partes ciegas**

Los valores del aislamiento de las partes ciegas que forman parte de fachadas, se determinarán de acuerdo con lo expuesto en el epígrafe 3.2.2, siendo aplicables, en caso de paramentos de dos o más hojas, las siguientes recomendaciones cuando se calcule el aislamiento mediante la expresión [2].

- La masa mínima de la hoja más pesada será al menos 200 kg/m<sup>2</sup>, debiéndose recibir sobre ella las paredes simples o dobles, separadoras de propiedades distintas o de zonas comunes, y las particiones interiores.

- La separación d, en cm, entre ambas hojas, deberá cumplir la siguiente expresión, en la que m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> son las masas de las hojas, expresadas en kg/m<sup>2</sup>.

$$d \geq 45 \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

En todo caso, en este tipo de soluciones, es aconsejable incluir en la cámara un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.

A continuación en la Tabla 3.4, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, realizadas con fábricas de ladrillo y bloques, de dos hojas y cámara de aire, determinadas aplicando la ecuación (2) y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

**Tabla 3.4**

**a) Fábrica de ladrillo: Formato métrico**

**Constitución de la pared**

Hoja exterior		Hoja interior de ladrillo hueco	Espesor de las hojas en cm		Masa unitaria total en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R en dBA
			Exterior	Interior		
Cítara	Cerámico hueco	Tabique	11,5	4	170	40
		Tabicón	11,5	9	205	43
		Cítara	11,5	11,5	232	45
	Cerámico perforado	Tabique	11,5	4	211	43
		Tabicón	11,5	9	246	46
	Cerámico macizo	Tabique	11,5	4	251	46
		Tabicón	11,5	9	286	48
	Silicocalcáreo	Tabique	11,5	4	261	47
Tabicón		11,5	9	296	49	
Asta	Cerámico perforado	Tabique	24	4	373	52
		Tabicón	24	9	408	54
	Cerámico macizo	Tabique	24	4	453	55
		Tabicón	24	9	488	57
	Silicocalcáreo	Tabique	24	4	473	56
		Tabicón	24	9	508	57

**b) Fábrica de ladrillo: Formato catalán**

**Constitución de la pared**

Hoja exterior		Hoja interior de ladrillo hueco	Espesor de las hojas en cm		Masa unitaria total en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R en dBA
			Exterior	Interior		
Medio pie	Cerámico hueco	Tabique	14	4	182	41
		Tabicón	14	9	217	44
		Medio pie	14	14	256	46
	Cerámico perforado	Tabique	14	4	259	47
		Tabicón	14	9	294	49
	Cerámico macizo	Tabique	14	4	295	49
Tabicón		14	9	330	50	
Un pie	Cerámico perforado	Tabique	29	4	469	56
		Tabicón	29	9	504	57
	Cerámico	Tabique	29	4	541	58

### c) Fábrica de bloques de hormigón

#### Constitución de la pared

Hoja exterior	Hoja interior	Espesor de las hojas en cm		Masa unitaria total en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R en dBA	
		Exterior	Interior			
Bloques de hormigón	Bloques de hormigón	14	6,5	335	51	
			9	360	52	
			11	405	54	
			14	420	54	
	Tabique Tabicón	19	6,5	6,5	380	53
				9	405	54
				11	450	55
				14	465	56
	Tabique Tabicón	29	6,5	6,5	480	56
				9	505	57
				11	550	59
				14	565	59

Para la confección de esta tabla, se han tenido en cuenta las siguientes condiciones:

- (1) La cámara entre las dos hojas no será menor de 1 cm, pudiendo estar rellena parcial o totalmente por un material aislante térmico.
- (2) La hoja interior se ha considerado que está guarnecida y enlucida con un espesor de 1,5 cm.
- (3) Cuando la hoja exterior es de ladrillo hueco, se ha considerado que está enfoscada con un espesor de 1,5 cm.

#### 3.2.4.2 Ventanas

Los valores del aislamiento proporcionados por las ventanas se determinarán mediante ensayo. No obstante y en ausencia de ensayo, el aislamiento proporcionado por las ventanas se podrá determinar mediante las ecuaciones siguientes, en función del tipo de acristalamiento y de la clase de carpintería, según la clasificación que se establece en la NBE-CT: "Condiciones Térmicas en los Edificios".

##### a) ventanas simples

- Ventanas de carpintería sin clasificar.

$$R \text{ ó } 12 \text{ dBA.}$$

- Ventanas de carpintería Clase A -1, y cualquier tipo de acristalamiento.

$$R \text{ ó } 15 \text{ dBA.}$$

Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

$$R = 13,3 \log e + 14,5, \text{ en dBA}$$

donde:

e, es el espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja, la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm.

$$R = 13,3 \log e + 17,5, \text{ en dBA [4]}$$

donde:

e, es el espesor total del acristalamiento.

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

$$R = 13,3 \log e + 19,5, \text{ en dBA [5]}$$

donde:

e, es el espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja, la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm

$$R = 13,3 \log e + 22,5, \text{ en dBA [6]}$$

donde:

e, es el espesor total del acristalamiento.

### b) Ventanas dobles

Las ventanas dobles no responden a las condiciones reseñadas, por lo que su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo. No obstante es de señalar que en estas ventanas, y dependiendo de su diseño, pueden alcanzarse valores altos de aislamiento.

A continuación en la Tabla 3.5, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales empleadas en ventanas con distinto acristalamiento, determinados aplicando las ecuaciones (3), (4), (5) y (6), y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

**Tabla 3.5**

Tipo de acristalamiento	Espesor en mm	Masa unitaria en kg/m <sup>2</sup>	Clase de carpintería	Aislamiento acústico R en dBA
Sencillo	4	10	A - 2	23
			A - 3	28
	5	13	A - 2	24
			A - 3	29
	6	15	A - 2	25
			A - 3	30
8	20	A - 2	27	
		A - 3	32	
10	25	A - 2	28	
		A - 3	33	
15	37	A - 2	30	
		A - 3	35	
Doble (con cámara de espesor > 15 mm)	4 + 4	20	A - 2	27
			A - 3	32
	6 + 6	30	A - 2	29
			A - 3	34
	10 + 5	37	A - 2	30
			A - 3	35

Laminar (varias hojas adheridas)	3 + 3	15	A - 2	28
			A - 3	33
	5 + 4	22	A - 2	30
			A - 3	35
	6 + 4	25	A - 2	31
			A - 3	36
	3 + 6 + 3	30	A - 2	32
			A - 3	37
	6 + 6 + 6	45	A - 2	34
			A - 3	38
	6 + 6 + 6 + 6	60	A - 2	36
			A - 3	41

### 3.2.5 Puertas

No se establecen en esta Norma exigencias de aislamiento mínimo a las puertas. Sin embargo, puede ser conveniente conocer los valores de aislamiento que éstas proporcionan, por lo que se dan a continuación criterios para su estimación.

Los valores del aislamiento proporcionado por las puertas se determinarán mediante ensayo. No obstante y en ausencia de ensayo, el aislamiento proporcionado en dBA por puertas macizas, metálicas o de madera y laminadas unidas por bastidor se podrá determinar mediante la siguiente expresión matemática, en función de su masa  $m$  por unidad de superficie, expresada en  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

$$R = 16,6 \log m - 8, \text{ en dBA [7]}$$

En puertas especiales constituidas por laminados blandos a la flexión, de madera, fibras minerales o vegetales, cartón, amianto-cemento, etc., montados sin unión rígida entre láminas e incluyendo capas de material absorbente amortiguador, el aislamiento se determinará mediante la siguiente ecuación en función de su masa  $m$  por unidad de superficie expresada en  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

$$R = 16,6 \log m + 2, \text{ en dBA [8]}$$

Las ecuaciones [7] y [8] son aplicables a puertas provistas de juntas de estanquidad, debiendo minorarse en 5 dBA los valores obtenidos en caso de carpintería sin éstas.

A continuación, en la Tabla 3.6, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunos tipos de puerta usuales, determinados aplicando las ecuaciones (7) y (8) y sus pesos específicos más corrientes.

Para las puertas cristaleras será de aplicación lo reseñado en 3.2.4 para ventanas.

**Tabla 3.6**

Tipo de puerta	Espesor en mm	Masa unitaria en $\text{kg}/\text{m}^2$	Aislamiento acústico R en dBA
Madera ligera	35	21	14
	40	24	15
Madera densa	35	28	16
	40	32	17

Tablero contrachapado	35	19	13
	40	21	14
Tablero aglomerado	35	22	14
	40	25	15
Chapa de acero	1,2	9,5	8

En determinados casos, cuando dos espacios estén separados mediante distribuidor y dos puertas, puede considerarse que el aislamiento total es la suma de los aislamientos proporcionados por cada puerta.

### 3.3 Elementos constructivos horizontales

#### 3.3.1 Elementos horizontales de separación

El aislamiento mínimo exigible a estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 14° de esta Norma.

Los valores del aislamiento al ruido aéreo y al impacto proporcionados por estos elementos constructivos, se determinarán mediante ensayo. No obstante, y en ausencia de ensayo, el aislamiento a ruido aéreo proporcionado, se podrá determinar mediante la ecuación (2), en función de la masa  $m$  por unidad de superficie de conjunto techo-forjado-solado, expresada en  $\text{kg/m}^2$ .

El nivel de ruido de impacto normalizado  $L_n$  en el espacio subyacente, considerado un aislamiento al ruido aéreo  $R$ , del elemento separador horizontal, se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$L_n = 135 - R, \text{ en dBA [9]}$$

Las soluciones constructivas que cumplan lo establecido en la presente Norma respecto al ruido aéreo, y no cumplan por el contrario la exigencia relativa al ruido de impacto, deberán complementarse con solado amortiguador o flotante y/o techo acústico cuya mejora se determinará mediante ensayo. No obstante y en ausencia de ensayo, la mejora de aislamiento a ruido de impacto se establecerá de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 3.8.

A continuación, en la Tabla 3.7, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, determinados aplicando las ecuaciones (2) y (9) y los pesos específicos más usuales de estos materiales, contemplados en la NTE ECG: "Estructuras Cargas Gravitatorias". Si se conoce el peso específico del forjado, se entrará en la Tabla preferentemente con él, en vez de con el espesor

**Tabla 3.7**

Tipo de forjado	Espesor en mm	Masa unitaria en $\text{kg/m}^2$	Aislamiento a ruido aéreo $R$ en dBA, con				Aislamiento a ruido aéreo $R$ en dBA, con			
			Baldosa o terrazo sobre mortero $120 \text{ kg/m}^2$	Moqueta o láminas sobre mortero $80 \text{ kg/m}^2$	Parquet sobre mortero $90 \text{ kg/m}^2$	Tarima sobre rastreles $50 \text{ kg/m}^2$	Baldosa o terrazo sobre mortero $120 \text{ kg/m}^2$	Moqueta o láminas sobre mortero $80 \text{ kg/m}^2$	Parquet sobre mortero $90 \text{ kg/m}^2$	Tarima sobre rastreles $50 \text{ kg/m}^2$
<b>Unidireccional de hormigón armado</b>										
Con bovedilla cerámica	150	<b>170</b>	48	46	47	43	87	89	88	91
	180	<b>190</b>	49	47	48	45	86	88	87	90
	200	<b>210</b>	50	48	49	47	85	87	86	88
	230	<b>240</b>	52	50	50	48	83	85	85	87
	250	<b>250</b>	52	50	51	49	83	85	84	86
	280	<b>270</b>	53	51	52	50	82	84	83	85
	300	<b>290</b>	54	52	53	51	81	83	82	84
330	<b>310</b>	55	53	54	52	80	82	81	83	

	350	<b>330</b>	55	54	54	53	80	81	81	82
Con bovedilla de hormigón	150	<b>190</b>	49	47	48	45	86	88	87	90
	180	<b>220</b>	51	49	49	47	84	86	86	88
	200	<b>240</b>	52	50	50	48	83	85	85	87
	230	<b>280</b>	53	52	52	50	82	83	83	85
	250	<b>300</b>	54	53	53	51	81	82	82	84
	280	<b>330</b>	55	54	54	53	80	81	81	82
	300	<b>350</b>	56	55	55	53	79	80	80	82
	330	<b>380</b>	57	56	56	55	78	79	79	80
	350	<b>400</b>	58	56	57	55	77	79	78	80
Sin bovedillas	150	<b>150</b>	47	45	45	42	88	90	90	92
	180	<b>170</b>	48	46	47	43	87	89	88	91
	200	<b>190</b>	49	47	48	45	86	88	87	90
	230	<b>210</b>	50	48	49	47	85	87	86	88
	250	<b>220</b>	51	49	49	47	84	86	86	88
	280	<b>240</b>	52	50	50	48	83	85	85	87
	300	<b>250</b>	52	50	51	49	83	85	84	86
	330	<b>270</b>	53	51	52	50	82	84	83	85
	350	<b>290</b>	54	52	53	51	81	83	82	84
<b>Reticular de hormigón armado</b>										
	200	<b>250</b>	52	50	51	49	83	85	84	86
	250	<b>310</b>	55	53	54	52	80	82	81	83
	300	<b>370</b>	57	55	56	54	78	80	79	81
	350	<b>420</b>	58	57	57	56	77	78	78	79
	200	<b>220</b>	51	49	49	47	84	86	86	88
	250	<b>270</b>	53	51	52	50	82	84	83	85
	300	<b>320</b>	55	53	54	52	80	82	81	83
	350	<b>360</b>	56	55	55	54	79	80	80	81
<b>Losa de hormigón armado</b>										
	80	<b>200</b>	50	48	48	46	85	87	87	89
	100	<b>250</b>	52	50	51	49	83	85	84	86
	120	<b>300</b>	54	53	53	51	81	82	82	84
	140	<b>350</b>	56	55	55	53	79	80	80	82
	160	<b>400</b>	58	56	57	55	77	79	78	80
	180	<b>450</b>	59	58	58	57	76	77	77	78
	200	<b>500</b>	60	59	60	58	75	76	75	77
	220	<b>550</b>	62	61	61	60	73	74	74	75
	240	<b>600</b>	63	62	62	61	72	73	73	74
	260	<b>650</b>	64	63	63	62	71	72	72	73
	280	<b>700</b>	65	64	64	63	70	71	71	72
	300	<b>750</b>	66	65	65	64	69	70	70	71

(1) Estos valores deben corregirse deduciendo la mejora que estos pavimentos producen sobre el nivel de ruido de impacto  $L_n$ , obtenido experimentalmente, mediante ensayo, y cuya cuantía puede estimarse entre 8 y 30 dBA, dependiendo del tipo, composición y espesor de la moqueta.

Nota : Los pesos específicos del solado se han incrementado con  $20 \text{ kg/m}^2$ , correspondientes al enlucido del techo.

**Tabla 3.8**

<b>Solución constructiva</b>	<b>Mejora de aislamiento a ruido de impacto en dBA</b>
<b>Pavimentos</b>	
Plástico (PVC, amianto vinilo)	2
Flotante de hormigón sobre fieltro	6
Plástico sobre corcho	7
Plástico sobre fieltro	8
Parquet de corcho	10
Plástico sobre espuma	11
Flotante de hormigón sobre fibra mineral	15
Flotante de hormigón sobre planchas elasticadas de poliestireno expandido	18
Moqueta	16



Flotante de parquet	18
Moqueta sobre fieltro	20
Moqueta sobre espuma	22
<b>Techos</b>	
Falso techo flotante	10

### 3.3.2 Cubiertas

El aislamiento mínimo exigible a estos elementos constructivos, se establece en el Artículo 15.º de esta Norma.

Los valores del aislamiento a ruido aéreo y al de impacto proporcionados por este **elemento** constructivo se determinarán mediante ensayo.

No obstante, y en ausencia de ensayo, se considera válido lo expuesto en el epígrafe anterior.

### 3.4 Ficha justificativa

Para facilitar los cálculos y la verificación del cumplimiento de las exigencias de esta Norma, se da a continuación un cuadro tipo en el que se expresan los distintos elementos constructivos que puedan existir en el proyecto del edificio, consignando SU masa unitaria y las características acústicas de cada uno de ellos. Los distintos tipos de elementos constructivos deberán ser fácilmente identificables en el resto de la Documentación Técnica del Proyecto.

#### Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-82

El presente cuadro expresa los valores del aislamiento a ruido aéreo de los elementos constructivos verticales, los valores del aislamiento global a ruido aéreo de las fachadas de los distintos locales, y los valores del aislamiento a ruido aéreo y el nivel de ruido de impacto en el espacio subyacente de los elementos constructivos horizontales, que cumplen los requisitos exigidos en los artículos 10º, 11º, 12º, 13º, 14º, 15º y 17º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-82, "Condiciones Acústicas en los Edificios".



Este Anexo se refiere a los materiales cuyo empleo en la edificación se relaciona con las condiciones acústicas

El fabricante dará los valores de las características acústicas que a continuación se señalan, al menos, en el Sistema Internacional de Medidas, empleándose en su defecto los valores señalados en el Anexo 3.

También se relacionan las distintas normas de ensayo.

#### **4.1 Características básicas exigibles a los materiales**

##### **4.1.1 Densidad aparente**

Es la relación entre la masa de la muestra en gramos y su volumen aparente en centímetros cúbicos, o bien en  $\text{kg/m}^3$ . El fabricante indicará la densidad aparente de cada uno de sus productos

#### **4.2 Características básicas exigibles a los materiales específicamente acondicionantes acústicos**

##### **4.2.1 Absorción acústica**

Definida en el Anexo 1. El fabricante de materiales cuya utilización específica sea la de absorbentes acústicos, indicará el coeficiente de absorción  $\alpha_f$ , para las frecuencias preferentes y el coeficiente medio de absorción  $\alpha_m$  del material.

##### **4.2.2 Otras propiedades**

El fabricante podrá indicar además aquellas otras propiedades que puedan interesar en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material en cuestión, tales como:

- Conductividad térmica.
- Comportamiento frente a fuego.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia al choque blando.
- Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.
- Deformación bajo carga (módulo de elasticidad).
- Coeficiente de dilatación lineal.
- Comportamiento frente a parásitos.
- Comportamiento frente a agentes químicos

#### **4.3 Características básicas exigibles a las soluciones constructivas**

##### **4.3.1 Aislamiento a ruido aéreo**

Definido en el Anexo 1. Se determinará mediante ensayo, pudiendo no obstante, utilizarse los métodos de cálculo detallados en el Anexo 3.

Se preferirán soluciones constructivas cuyo aislamiento a ruido aéreo se haya determinado mediante ensayo.

##### **4.3.2 Aislamiento a ruido de impacto**

Definido en el Anexo 1. Se determinará mediante ensayo, pudiendo no obstante, utilizarse los métodos de cálculo detallados en el Anexo 3.

Se preferirán soluciones constructivas, cuyo aislamiento a ruido de impacto se haya determinado mediante ensayo.

#### **4.4 Presentación, medidas tolerancias**

Los materiales de uso exclusivo como aislantes o acondicionantes acústicos, en sus distintas y formas de presentación, se expedirán en embalajes que garanticen su transporte sin deterioro hasta su destino, debiendo indicarse en el etiquetado las características señaladas en los apartados anteriores.

Asimismo el fabricante indicará en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.

Para los materiales fabricados «in situ» se darán las instrucciones correspondientes para su correcta ejecución, que deberá correr a cargo de personal especializado, de modo que se garanticen las propiedades especificadas por el fabricante.

#### **4.5 Garantía de las características**

El fabricante garantizará las características acústicas básicas señaladas anteriormente. Esta garantía, se materializará mediante las etiquetas o marcas que preceptivamente deben llevar los productos según el epígrafe anterior.

El consumidor puede, a costa suya, encargar a un laboratorio que realice ensayos o análisis de comprobación y extienda el correspondiente certificado de los resultados obtenidos.

#### **4.6 Control, recepción y ensayos de los materiales**

##### **4.6.1 Suministro de los materiales**

Las condiciones de suministro de los materiales, serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustándose a las condiciones particulares que figuren en el proyecto de ejecución

Los fabricantes, para ofrecer la garantía de las características mínimas exigidas anteriormente de sus productos, realizarán los ensayos y controles que aseguren el autocontrol de su producción.

Los ensayos de recepción que según indica el apartado 4.5, el consumidor puede encargar de cada partida, se realizarán dividiendo la partida en unidades de inspección de acuerdo con los apartados 4.6.3 y siguientes.

##### **4.6.2 Materiales con Sello o Marca de Calidad**

Los materiales que vengan avalados por Sellos o Marcas de Calidad, deberán tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en esta Norma para que pueda realizarse su recepción sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

##### **4.6.3 Composición de las unidades de inspección**

Las unidades de inspección estarán formadas por materiales del mismo tipo y proceso de fabricación. La superficie de cada unidad de inspección salvo acuerdo en contrario la fijará el consumidor.

##### **4.6.4 Toma de muestras**

Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos se tomarán de productos de la unidad de inspección sacados al azar.

La forma y dimensiones de las probetas serán las que señale para cada tipo de material la Norma de ensayo correspondiente.

#### **4 6.5 Normas de ensayo**

Las Normas UNE que a continuación se indican se emplearán para la realización de los ensayos correspondientes.

##### **a) Ensayo de Aislamiento a ruido aéreo**

UNE 74-040-84 (1) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 1. Especificaciones relativas a los laboratorios.

UNE 74-040-84 (2) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 2. Especificaciones relativas a la precisión.

UNE 74-040-84 (3) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 3. Medida en laboratorio del aislamiento al ruido aéreo de los elementos constructivos

UNE 74-040-84 (4) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 4. Medida "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales.

UNE 74-040-84 (5) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 5. Medida "in situ" del aislamiento al ruido aéreo de las fachadas y de sus componentes

##### **b) Ensayo de Aislamiento a ruido de impacto**

UNE 74-040-84 (6) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 6. Medida en laboratorio del aislamiento de suelos a ruidos de impacto.

UNE 74-040-84 (7) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 7. Medida "in situ" del aislamiento de suelos al ruido de impacto.

UNE 74-040-84 (8) Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 8. Medida en laboratorio de la reducción de la transmisión de ruidos de impacto por revestimientos sobre forjado normalizado.

##### **c) Ensayo de materiales absorbentes acústicos**

UNE 74-041-80 Medida de coeficientes de absorción en cámara reverberante.

##### **d) Ensayo de permeabilidad al aire en ventanas**

UNE 85-208-81 Ventanas. Clasificación de acuerdo con su permeabilidad al aire.

#### **4.7 Laboratorios de ensayo**

Los ensayos citados, de acuerdo con las Normas UNE establecidas, se realizarán en laboratorios reconocidos a este fin por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

## **Anexo 5 Recomendaciones**

El presente Anexo tiene por objeto establecer los niveles de inmisión de ruido aéreo y de vibración que se recomienda no sobrepasar en los distintos locales, así como, fijar los tiempos de reverberación aconsejables, de acuerdo todo ello, con las recomendaciones señaladas por la Comisión Económica para Europa, del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.

### 5.1 Nivel de inmisión de ruido aéreo

En la Tabla 5.1, se fijan los niveles sonoros continuos equivalentes  $L_{eq}$ , de inmisión de ruido aéreo, que se recomienda no sobrepasar en los locales.

**Tabla 5.1**

Tipo de edificio	Local	Nivel $L_{eq}$ máximo de inmisión recomendado en dBA	
		Durante el día (8-22 H)	Durante la noche (22-8 H)
Residencial privado	Estancias	45	40
	Dormitorios	40	30
	Servicios	50	--
	Zonas comunes	50	--
Residencial público	Zonas de estancia	45	30
	Dormitorios	40	--
	Servicios	50	--
	Zonas comunes	50	--
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	40	--
	Oficinas	45	--
	Oficinas	50	--
	Zonas comunes		
Sanitario	Zonas de estancia	45	--
	Dormitorios	30	25
	Zonas comunes	50	--
Docente	Aulas	40	--
	Sala lectura	35	--
	Zonas comunes	50	--

### 5.2 Nivel de inmisión de ruido producido por las instalaciones

Los niveles máximos,  $L_{máx}$ , de inmisión de ruido producido por las instalaciones que se recomienda no sobrepasar en los locales son los expresados para el nivel sonoro continuo equivalente,  $L_{eq}$ , en la Tabla 5.1.

### 5.3 Nivel de vibración

En la Tabla 5.2, se fijan las vibraciones máximas que se recomienda no sobrepasar en los locales habitables.

**Tabla 5.2**

Area	Valor máximo recomendado de K
Area de reposo durante la noche	0,1
Area vividera	5

En todo caso y en cualquier área y / o situación, se tolerará que K sea igual a 10, en impulsos en numero inferior a tres por día

**5.4 Tiempo de reverberación** En la Tabla 5.3, se fijan los tiempos de reverberación recomendados, en segundos, para los distintos locales habitables de diversos tipos de edificios.

**Tabla 5.3**

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación T recomendado, en segundos
Residencial privado	Estancias	$\leq 1,0$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Servicios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Residencial público	Zonas de estancia	$\leq 1,0$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Servicios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	$\leq 1,0$
	Oficinas	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2,0$
Docente	Aulas	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Sala lectura	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2,0$