

## ANEXO 2. CONDICIONANTES DEL MEDIO

No se regula 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.

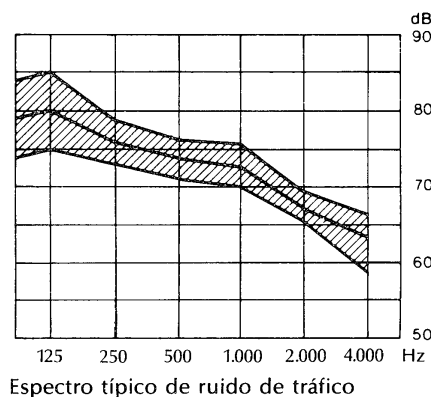
Con este fin, en este Anexo se estudian las fuentes de ruido más importantes que aparecen en el entorno de los edificios.

### 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 automóviles

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 AUTOMÓVILES

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

a) Nivel  $L_{10}$

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

b) Nivel  $L_{50}$ , o nivel medio

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

c) Nivel  $L_{90}$

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

d) Nivel  $L_{eq}$ , o nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel en 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:

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

[1]

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:

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

donde:

$\sigma$  es la desviación típica.

e) Nivel  $L_{NP}$  o 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:

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

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 o índice de ruido de tráfico

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:

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

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:

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

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

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

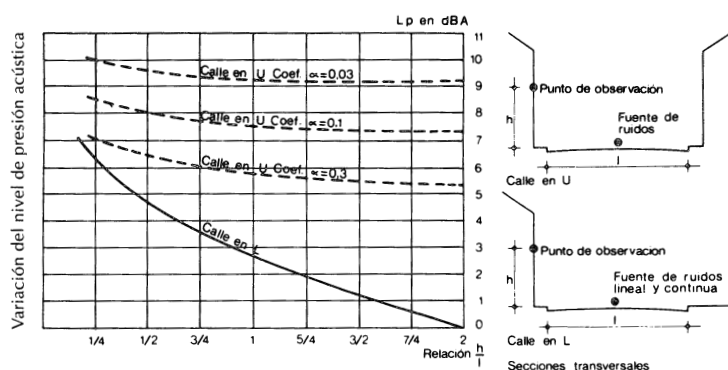
#### 2.1.1.2. VALORES ORIENTATIVOS

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 vehículos pesados	88
Calle asfaltada horizontal con tráfico muy denso y 3% de vehículos pesados	82
Calle asfaltada horizontal con tráfico poco denso y 10% de vehículos 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

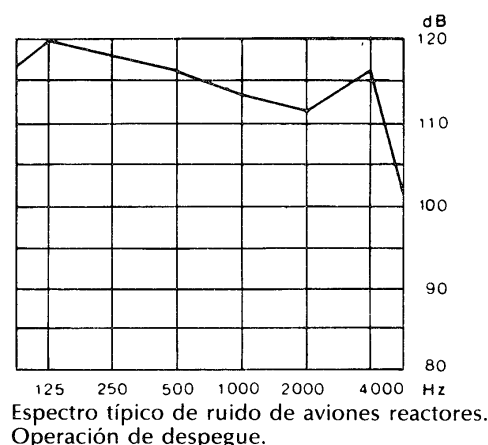
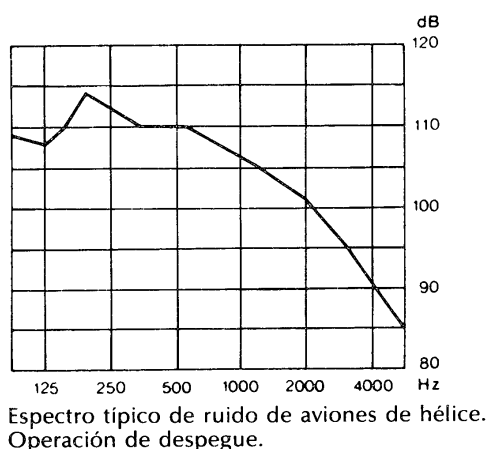
De todos los medios de transporte, los aviones son los que generan mayor cantidad de energía acústica, lo que unido a su dependencia de los aeropuertos, hace que las molestias que se ocasionan en las localidades situadas en las inmediaciones de éstos sean realmente importantes.

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 40°. 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 $L_{A\alpha}$ 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:

$$CNR = L_{PN} + 10 \log n - 12$$

[8]

d) Índice R o índice isosófico

Se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$R = \bar{L}_{PN} + 10 \log n - 30$$

[9]

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

Se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$NNI = \bar{L}_{PN} + 15 \log n - 80$$

[10]

donde:

$\bar{L}_{PN}$  es el valor medio de los niveles de pico de ruido percibido.

n es el número de operaciones en el período considerado.

Para valoraciones aproximadas, el índice  $\bar{L}_{PN}$  puede sustituirse por el índice  $\bar{L}_{AX}$ .

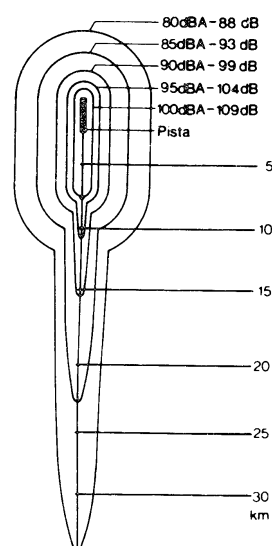
### 2.1.2.2. VALORES ORIENTATIVOS

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

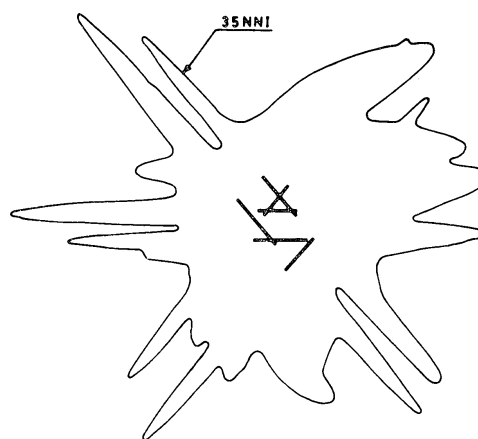
Tipo de operación	Niveles	
	$\bar{L}_{PN}$ en dB	$\bar{L}_{AX}$ en dBA
Sobrevuelo de avión reactor pesado, en aterrizaje, a dos kilómetros de la pista	115	106
Sobrevuelo de avión reactor de tipo medio, en aterrizaje, a dos kilómetros de la pista	106	97
Sobrevuelo de avión reactor a 300 m de altitud	112	103
Sobrevuelo de avión de 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.



Curvas isosóficas producidas por el despegue de avión



Curva NNI 35 en los alrededores de un aeropuerto

### 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 del tráfico en un periodo de tiempo determinado. El ruido producido por los vehículos tiene como fuentes principales el sistema rueda-rail y el sistema propulsor del vehículo tractor.

## NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS

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 comunitarias

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, etcétera.

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. INSTALACIÓN 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 aquéllos 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 de 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.

## NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS

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

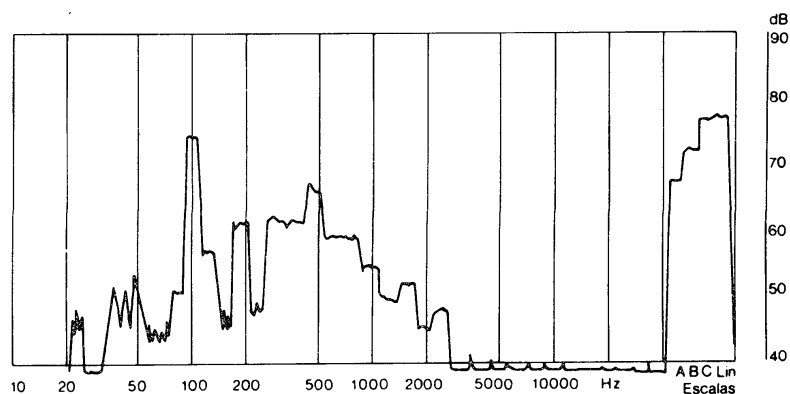
En los sistemas de iluminación las fuentes de ruido se centran principalmente en las reactancias, tubos fluorescentes, interruptores y relés de conmutación de los temporizadores.

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 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.



Ejemplo de espectro de frecuencia del ruido existente en 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 éstos, 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

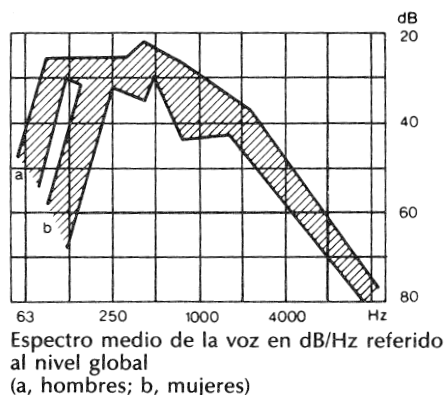
Producen un ruido típico que se transmite fundamentalmente por la estructura, y cuyas características espectrales y de nivel dependen del tipo de pavimento, del calzado del ocupante y del ritmo de sus pisadas.

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 predominen 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

Incidan 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.