

LIMITACIÓN ESPECTRAL POR IMPERATIVO LEGAL

PACS: 43.50.Rq

Arias Salve, Roi; Navas, Alfredo; Arias Puga, Jose Elias
Proceso Digital de Audio
Avila 23
09001, Burgos
España
Telf.: +34 947207041
E-mail.: roiarias@ecudap.com ; alfredo@ecudap.com ; pachearias@ecudap.com

ABSTRACT

City's Noise Ordinances regulate and control the allowable noise levels related to leisure activities. Those contain the main features that noise and sound limiters, devices used to control noise levels, must have. There has always been certain degree of controversy about how to use these noise limiters, if they have to limit the emission of sound in the establishment (global limitation of noise levels), on the one hand, or if they have to control noise in a receiver place (spectral limitation), on the other.

We are going to defend and expand on, from a legal point of view, an impartial reasoning about the advantages of spectral limitation to keep the goals of acoustic quality avoiding annoyances caused by noise emissions within protected places

RESUMEN

Son las ordenanzas de ruido publicadas por los Ayuntamientos las responsables de la regulación de las emisiones de ruido y el control del mismo dentro de las actividades de ocio, en ellas se fijan las características de los elementos de control o limitadores. Siempre ha existido cierta controversia de cómo se ha de realizar la limitación del equipo, si limitando el nivel de emisión en el Local (limitación global) o si la limitación ha de realizarse manteniendo la limitación en el local receptor (limitación espectral).

Desarrollamos en esta ponencia un razonamiento objetivo, desde el punto de vista legal, de la necesidad de realizar la limitación espectral para mantener los objetivos de calidad acustica y de molestia de los ruidos inmitidos dentro de los recintos protegidos.

1. INTRODUCCIÓN

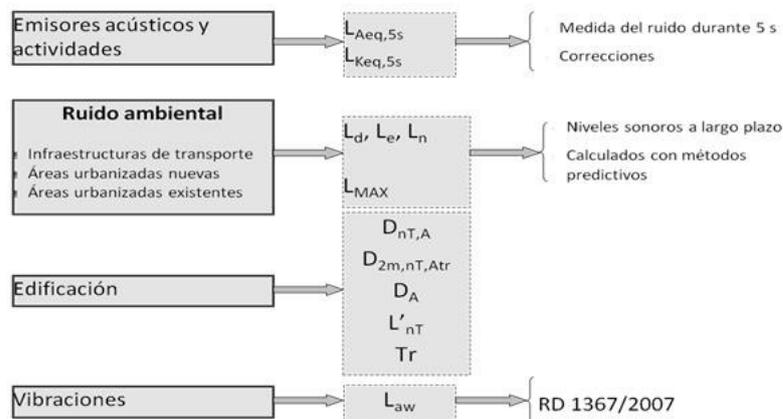
Anteriormente a la definición de la pirámide legislativa actual, las Ordenanzas que hacían referencia al control de las molestias producidas por ruido, se basaban en el **DECRETO 2414/1961¹, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosa**, por el que se dictaban las ordenanzas de ruido.

Posteriormente la evolución normativa actual, que parte de las estrategias de desarrollo sostenible de la UE que desemboca en la Directiva de Evaluación y control del ruido Ambiental que define un marco único dentro de la UE para la lucha contra el ruido y sus consecuencias. La transcripción de estas estrategias a cada estado ha dado lugar a las diversas leyes sobre el ruido en los distintos países de la Unión Europea, en concreto en España La ley de Ruido, la Ley 37/2003² de 17 de noviembre, establece las exigencias Normativas dentro del estado español para la gestión y control del ruido ambiental, exceptuando la gestión del ruido en los ambientes laborales siendo estos regidos por la leyes de prevención de riesgos y más concretamente por el **Real Decreto 286/2006**³, de 10 de marzo.

La Ley se desarrolla con dos decretos el **Real Decreto 1513/2005**⁴, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y el **Real Decreto 1367/2007**⁵, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, definiendo entre otras cosas los índices de evaluación y los objetivos de calidad. La Ley del Ruido y sus decretos han sido trasladada a la Legislaciones Autonómicas mediante sus correspondientes leyes y decretos consiguiendo una homogenización de los objetivos de calidad. Todas estas leyes y decretos trasladan a los Ayuntamientos la responsabilidad de gestión y control en materia de ruido dentro del territorio municipal los cuales, mediante la publicación de ordenanzas Municipales, materializan las condiciones particulares de gestión adaptadas a su idiosincrasia particular.

2. ÍNDICES ACÚSTICOS EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES

En las ordenanzas, publicadas por los Ayuntamientos se definen cuáles son los índices evaluadores de cada uno de los objetivos de calidad y de protección de los distintos ambientes, de las distintas fuentes de ruido, estos índices evaluadores están definidos por el **Real**



Decreto 1367/2007, de 19 de octubre con sus objetivos de calidad mínimos y los índices de evaluación de las actividades. El cuadro adjunto contempla lo índices de evaluación de fuentes consideradas en el decreto. Así tenemos, emisiones de fuentes contenidas en el interior de actividades e instalaciones ruidosas, entre ellas los locales de

ocio, en cuanto inciden en ambientes interiores.

Las fuentes emisoras a los ambientes exteriores que contribuyen al ruido ambiental existente en los espacios exteriores formando parte del paisaje sonoro, aquí se encuentra el ruido producido por las infraestructuras de transporte generadoras del ruido producido por tráfico y el ruido de Obras, las actividades clasificadas: industria y locales de pública concurrencia, junto a aglomeraciones debidas ya sea por actividades deportivas o de otra índole, en cuanto que contribuyen a las emisiones al ambiente exterior.

El ruido en edificaciones considerando los elementos definitorios de las mismas frente a las fuentes de ruido como son: los aislamientos Acústicos de sus paramentos y los tiempos de reverberación en el interior de los recintos influyente en la calidad el confort acústico de los mismos.

Otro factor tratado en el decreto y muy influyente por las molestias que genera, es el ruido por vibraciones las cuales también son contempladas el decreto definiendo su índice de evaluación.

Todos los índices que define el decreto, referentes a ruido, son Niveles equivalentes ponderados en un determinado tiempo, así en la ley de Castilla y León del ruido⁶ y otras comunidades, utilizan el nivel A-ponderado evaluado en un tiempo de 5 seg. También se define en los decretos los índices de evaluación del ruido ambiental a largo plazo los Niveles equivalentes Día, tarde y noche así como los horarios de aplicación.

3. EVALUACIÓN DE LA MOLESTIA DE NIVELES SONOROS

En la definición de los índices de evaluación el decreto profundiza en la definición de los índices de evaluación de la molestia y en particular tenemos que destacar los índices que se usan para la evaluación de los emisores acústicos y los ruidos transmitidos por las actividades a los espacios protegidos, estos vuelven a ser Niveles Equivalentes A-ponderados evaluados en un tiempo T, pero con la particularidad de que la evaluación de la molestia se hace mediante los índices corregidos definidos por la Norma UNE-EN-ISO 1996⁷, en esta norma se define y así lo



$$L_{K_{eq},5s} = L_{Aeq,5s} + K_t + K_f + K_I$$

traslada el decreto, unos coeficientes de corrección del valor medido, en función de los contenidos espectrales de ruido transmitido. *En caso de presencia de componentes tonales emergentes, de baja frecuencia o ruido de carácter impulsivo, todas estas características han de ser tenidas en cuenta para realizar la valoración del nivel de ruido transmitido*

Estos coeficientes son:

- Coeficiente de corrección por componentes tonales emergentes, K_t
- Coeficiente de corrección por contenido de baja frecuencia en el espectro del ruido transmitido, K_f
- Coeficiente de corrección por ruido impulsivo que tiene en cuenta la evolución temporal del ruido transmitido, K_I

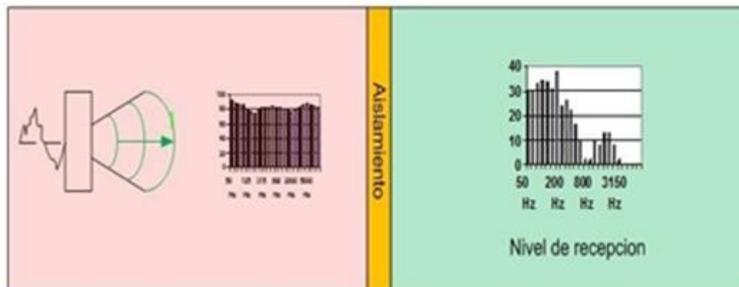
Dos de dichos coeficientes realizan la corrección del nivel transmitido en función de contenido espectral del ruido transmitido, el cual está ligado al espectro del ruido emitido mediante el aislamiento del paramento separador. Y el tercero realiza la corrección en función de la evolución temporal del ruido inmitido.

Estos coeficientes incrementan el valor medido en dB(A) hasta en 9 dB, por lo que aunque el nivel del ruido transmitido sea estacionario la molestia puede variar si cambia el espectro del ruido transmitido haciendo que el nivel corregido ya no sea constante.

4. ACTIVIDADES DE OCIO

Un caso muy notable en el que se produce este efecto es en el ruido transmitido por las actividades de ocio que se realizan en locales de pública concurrencia. En estos casos la actividad de emisión musical es la principal fuente contaminante en cuanto al ruido transmitido a los recintos colindantes, el espectro de las canciones emitidas se caracteriza por variar constantemente, ya no solo con cada canción sino que en el transcurso de la misma la evolución del espectro es notable lo que nos lleva a realizar una corrección continua del nivel de

emisión, si no queremos que el resultado del nivel transmitido estuviese sancionado por los hasta 9 dB(A) que supone en que tendremos que corregir el ruido transmitido, aplicando lo que nos indica el cálculo del índice de molestia.



Que sucede en el caso del ruido transmitido por las actividades musicales de los locales de pública concurrencia

Pongamos un ejemplo de la situación real de un local de ocio en el que hay una emisión musical, y un local protegido por la ordenanza que está aislado del local de

ocio mediante paramentos con un aislamiento que es función de la frecuencia, que hace que el sonido existente en el local de ocio sea filtrado y atenuado por él, pero la realidad es que este aislamiento es limitado por lo que va a llegar un determinado espectro que generará un valor de ruido transmitido. Si queremos evaluar este valor de ruido transmitido hemos de realizar las operaciones descritas en el decreto y obtener el valor corregido en función del valor medido y de sus características espectrales, esto es que hemos de calcular los componentes impulsivos, los componentes tonales y los de baja frecuencia.

En los locales de ocio, en los que la amenización musical forma parte de la actividad del bar, la emisión de música a través de los equipos de PA se convierte en la principal fuente contaminante, y se caracteriza por que su espectro de emisión no se mantiene constante por el contrario varía continuamente, ya no solo con cada canción sino que en el transcurso de la misma la evolución del espectro es notable, por lo que el nivel transmitido varía **con el nivel de emisión en el local y con el espectro del sonido emitido.**

En estos casos para mantener los niveles de inmisión en casa del vecino es necesaria la instalación de un dispositivo que controle la emisión del equipo de reproducción sonora de forma que mantengamos los niveles inmitidos en los locales colindantes dentro de los objetivos de calidad publicados en las Ordenanzas que en ningún caso han de ser menos restrictivos que lo enunciado en el RD1367/2007.

5. CARACTERÍSTICAS DE LA LIMITACIÓN

Para realizar el dispositivo de control que se denomina, limitador acústico, hay dos posibilidades una mantener el nivel de emisión constante dentro del local:

1. Actuar de forma que el limitador independientemente de la entrada que exista al equipo reproductor garantiza que el nivel en el interior del local no supera un determinado límite independientemente del espectro emitido. LIMITACION GLOBAL
2. Actuar de forma que el limitador independientemente del espectro a la entrada del equipo reproductor garantice que el nivel inmitido al local receptor, nunca superará los objetivos de calidad acústica definidos en la ordenanza. LIMITACIÓN ESPECTRAL⁸

En una aplicación normal de las ordenanzas ya no solo se ha de garantizar que el valor de inmisión se mantenga constante, sino que el nivel de molestia se ha de mantener por debajo del objetivo de calidad, lo que significa que $L_{K_{eq,5}}$ ha de mantenerse dentro de los límites expresados por la ordenanza.

Para llegar a conseguir semejante objetivo ha de hacerse la corrección de los niveles emitidos por presencia de componentes tonales, de baja frecuencia y de ruido de carácter impulsivo para realizar la valoración del nivel de ruido transmitido. Por lo que ya no vale que los limitadores mantengan el espectro del ruido inmitido por debajo de uno de referencia, han de además de valorar los coeficientes de corrección.

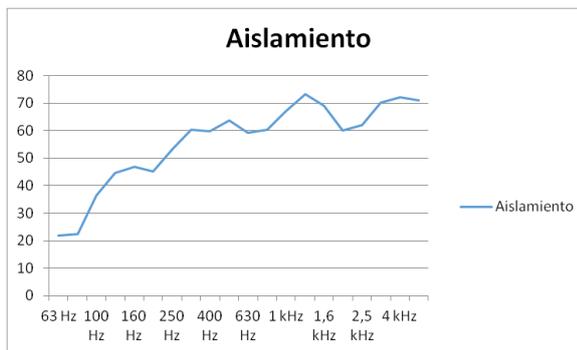
6. LIMITACIÓN ESPECTRAL VERSUS LIMITACIÓN GLOBAL

Para comprobar cuáles son las diferencias de los valores emitidos dentro del local emisor y transmitidos al local receptor, vamos a realizar sobre dos locales contiguos la instalación en uno de ellos un equipo de reproducción sonora sobre el cual hemos instalado un limitador que va actuar de forma global y mediremos los niveles transmitidos al local colindante valorando los $L_{K_{eq,5}}$. Posteriormente realizaremos las mismas medidas controlando el equipo de música con el limitador ejecutando una limitación espectral con corrección de coeficientes tonales y de baja frecuencia, las medidas obtenidas en los recintos emisor y receptor van a poder ser comparadas para la obtención de conclusiones.

Los recintos se corresponden a la sala de control de un estudio de grabación y a la sala de grabación o locutorio. Se ha escogido estos recintos por facilidad de acceso y control de la experiencia ya que es importante que la sincronización entre las dos experiencias sea total, existiendo contacto visual entre los dos recintos.

Para ajustar los niveles se procedió a la medida de aislamiento entre las dos salas utilizando como equipo emisor el propio equipo musical y como parámetros de aislamiento los obtenidos de la diferencia de nivel emisor menos nivel receptor corregido por el ruido de fondo

fc	L 1	L 2	L RF	L ' 2	L1-L' 2
63 Hz	62,5	40,7	15,3	40,7	21,8
80 Hz	71,2	48,8	17,7	48,8	22,4
100 Hz	84,6	48,1	17,8	48,1	36,5
125 Hz	88,6	43,9	16,7	43,9	44,7
160 Hz	80,2	33,5	16,0	33,5	46,7
200 Hz	76,8	31,7	9,4	31,7	45,1
250 Hz	83,2	29,9	5,7	29,9	53,3
315 Hz	85,1	24,8	8,3	24,8	60,3
400 Hz	86,9	27,1	9,9	27,1	59,8
500 Hz	87,4	23,8	4,3	23,8	63,6
630 Hz	84,8	25,7	4,9	25,7	59,1
800 Hz	82,6	22,3	5,5	22,3	60,3
1.000 Hz	84,1	17,0	5,0	17,0	67,1
1.250 Hz	82,3	10,3	4,0	9,1	73,2
1.600 Hz	81,6	13,4	5,2	12,7	68,9
2.000 Hz	80,8	20,8	5,0	20,8	60,0
2.500 Hz	79,9	17,8	6,3	17,8	62,1
3.150 Hz	81,8	12,8	6,7	11,6	70,2
4.000 Hz	80,3	9,5	7,0	8,2	72,1
5.000 Hz	79,0	9,2	7,6	7,9	71,1



Aislamiento global estimado

fc	L 1	L 2	L RF	L ' 2	L1-L' 2
63-5000Hz	93,5	35,3	17,4	35,3	58,3

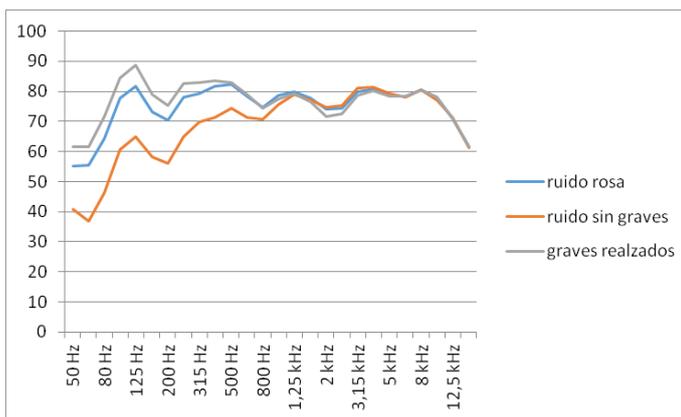
Nivel en el local máximo 88 dB

Limitación Global

Con los valores de aislamiento obtenidos se procede a los tarados del limitador ajustando el limitador funcionando como limitador de nivel en el local a un máximo en el interior de 88 dB(A). Lo que correspondería a un teórico de transmisión al local receptor de 30 dB(A).

Como fuente de sonido se procede a la emisión de ruido rosa durante un periodo de 4 minutos, este periodo se divide en tres partes iguales en cada una de las cuales se varía el contenido espectral del ruido rosa original resultando tres periodos:

1. Se emite el ruido rosa original con el espectro "plano"
2. Se bajan los graves, resultando un ruido rosa con más contenido en frecuencias medias y agudas
3. Se procede a elevar en contenido en graves del sonido emitido



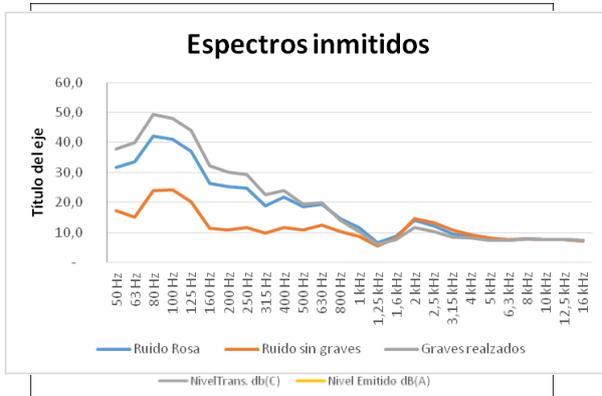
Espectros emitidos 1

Resultando los tres espectros de la figura de espectros emitidos 1.

Durante este tiempo se toman muestras de nivel de presión sonora cada 20" en el interior del local emisor y en el local receptor el nivel en dB(A), dB(C) y el espectro de ruido transmitido

Los resultados se muestran a continuación en la tabla:

Hora muestra	0:00:20	0:00:40	0:01:00	0:01:20	0:01:40	0:02:00	0:02:20	0:02:40	0:03:00	0:03:20	0:03:40	0:04:00
LAeq5"	28,7	29,3	28,9	28,8	25,1	22,2	22,3	21,6	33,5	34,7	35,6	35,6
LCeq5"	46,1	46,7	45,9	46,4	36,1	34,5	31,6	31,4	52	53,3	54,2	54,5
LAkeq5"	34,7	35,3	34,9	34,8	28,1	25,2	28,3	27,6	39,5	40,7	41,6	41,6
LAeq5" (Interior)	87,6	87,3	87,7	87,6	88,9	86,4	86,2	86,5	87,2	88,2	88,2	87,9



Se observa que:

- los niveles emitidos en el interior del local se mantienen lo largo del tiempo dentro de un margen de más menos un dB.
- Que los niveles transmitidos en dB(A), se mantienen en los 30 programados mientras que el ruido rosa tiene el contenido espectral plano, pero los niveles transmitidos varían con el espectro resultando llegar a sobrepasar el valor en 5

dB(A)

- Los valores del $L_{K_{eq,5}}$ son sobrepasados en todos los casos, en valores que llegan a alcanzar 11 dB con respecto al valor protegido de los 30dB(A) corregidos, excepto cuando los valores emitidos corresponden al ruido rosa con los graves atenuados

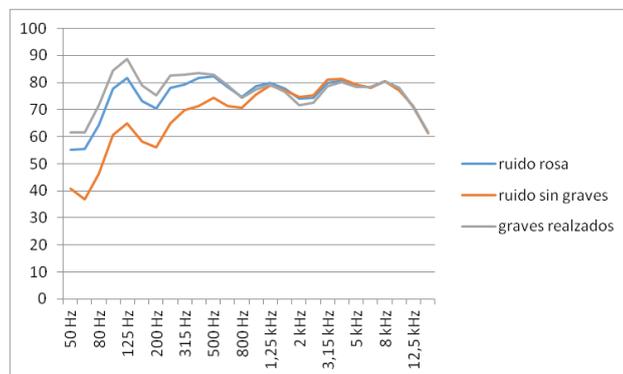
Limitación espectral

Con los valores de aislamiento obtenidos se procede a los tarados del limitador ajustando el limitador funcionando como limitador espectral con un nivel de protección en el local contiguo de 30dB (A) corregido con lo que el máximo en el local será variado por el limitador de forma que se consiga el objetivo de calidad marcado.

Como fuente de sonido se procede a la emisión de ruido rosa durante un periodo de 4 minutos, este periodo se divide en tres partes iguales en cada una de las cuales se varía el contenido espectral del ruido rosa original resultando tres periodos:

1. Se emite el ruido rosa original con el espectro plano
2. Se bajan los graves, resultando un ruido rosa con más contenido en frecuencias medias y agudas
3. Se procede a elevar en contenido en graves del sonido emitido

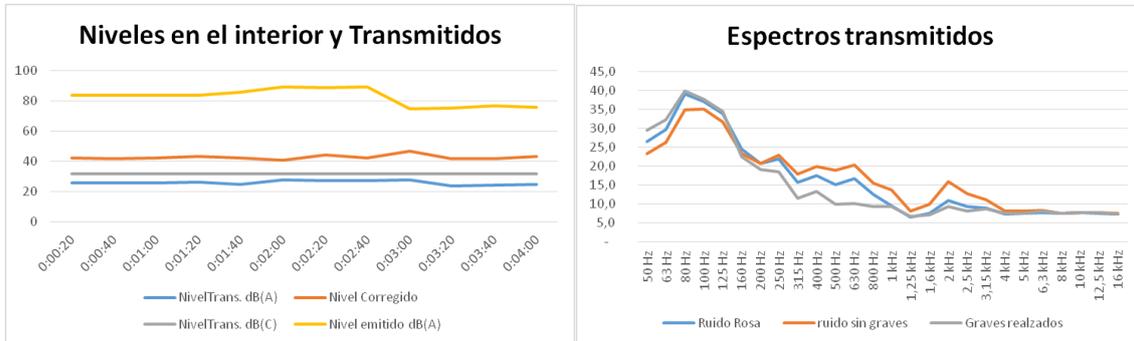
En la figura contigua se observan los tres espectros resultantes emitidos.



Durante este tiempo se toman muestras de nivel de presión sonora cada 20" en el interior del local emisor y en el local receptor el nivel en dB(A), dB(C) y el espectro de ruido transmitido

Los resultados se muestran a continuación en la tabla:

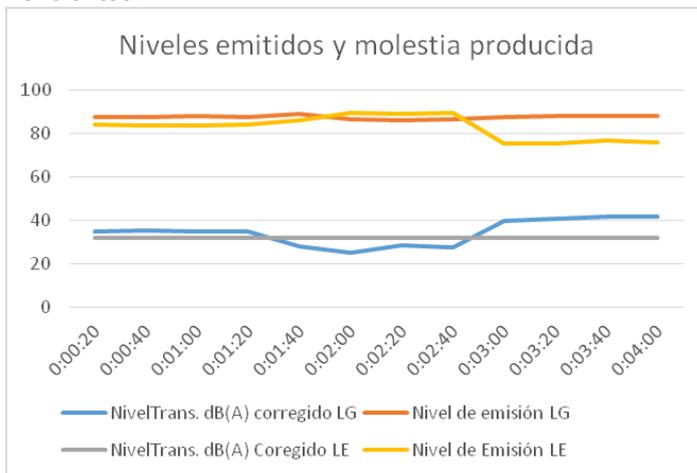
$L_{Aeq5''}$	25,7	25,7	25,8	26,5	25,1	27,9	27,3	27,6	27,8	24	24,4	24,7
$L_{Ceq5''}$	42,2	41,9	42,2	43,4	42,4	40,9	44,1	42,4	46,8	41,8	41,8	43,4
$L_{Akeq5''}$	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7
$L_{Aeq5''}$ (Interior)	83,8	83,5	83,6	83,9	85,8	89,3	88,9	89,2	75,0	75,2	76,7	75,7



- Los niveles transmitidos en dB(A) corregidos se mantienen constantes en 30dB(A), independientemente del espectro transmitido y del nivel en local
- Los niveles transmitidos, en dB(A) están en todo momento por debajo de los 30 dB(A)
- Los espectros transmitidos se mantienen prácticamente constantes independientemente del espectro emitido y el nivel en el local.
- Los niveles en el local varían en función del espectro, permitiendo el limitador aprovechar al máximo las características físicas del aislamiento conseguido en el local.

7. CONCLUSIONES

La necesidad inevitable de cumplir las exigencias legales de asegurar que el Nivel de molestia en dB(A) corregidos, hace que los limitadores globales y algunos de los espectrales se vuelvan ineficientes.



En la gráfica comparativa se ve que mientras el Limitador Espectral mantiene a rajatabla el $L_{Keq,5}$ independientemente del espectro emitido y del valor de nivel que va acondicionando a las necesidades del aislamiento. En el caso de la Limitación global la molestia varía con el espectro llegando en algunos casos a sobrepasar en 11 dB(A) el valor de protección, lo que le invalidaría como elemento de control y no cumpliría la misión de proteger la inmisión en el local protegido, salvo que realizáramos

un ajuste de nivel en el local de 11 dB(A) por debajo, es decir que el local quedase limitado, en el caso que hemos usado, a un valor de 77 dB(A) en vez de los 88 originales, si queremos garantizar que no se va a superar el valor de protección.

Otra particularidad a destacar es que los limitadores espectrales que mantienen el nivel mediante el uso de un espectro de protección de referencia, generalmente se usan NC de orden 10 a 15, también tienen el problema que independientemente del espectro son capaces de mantener el nivel en el local en dB(A) pero dependiendo del tipo de espectro emitido el espectro recibido puede llegar a presentar, y de hecho lo va hacer, un nivel corregido por componentes de baja frecuencia de 3dB(A), por lo que si el ajuste se hace con respecto a una NC habrá que usar una de orden inferior a 3, respecto a la que teóricamente le correspondería.

¹ BOE» núm. 292, de 7 de diciembre de 1961, páginas 17259 a 17271 (13 págs.)

² BOE» núm. 276, de 18 de noviembre de 2003, páginas 40494 a 40505 (12 págs.)

³ REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
BOE nº 60 11-03-2006

⁴ BOE» núm. 301, de 17 de diciembre de 2005, páginas 41356 a 41363 (8 págs.)

⁵ BOE» núm. 254, de 23 de octubre de 2007, páginas 42952 a 42973 (22 págs.)

⁶ Ley 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León (BOCyL de 09-06-2009)

⁷ AENOR UNE-ISO 1996-2:2009

⁸ <http://elruido.com/ferias/coreses/documentos/Significado%20de%20la%20limitaci%C3%B3n%20espectral.pdf>