

## ACTUALES SOLUCIONES NORMALIZADAS SOBRE AISLAMIENTO VIBROACÚSTICO ACORDES CON EL DB HR

PACS: 43.55.Vj

Torres del Castillo, Rafael; Rodríguez Lladó, Ángel  
Departamento de Ingeniería Vibroacústica. Vibcon  
Abat Marcet 41-43  
08173 Sant Cugat. Barcelona  
Tel: 935 836 108. Fax: 936 755 890  
E-mail: [rafa@vibcon.es](mailto:rafa@vibcon.es)

### ABSTRACT

Our laws related to vibration transmission reduction are based on the structural noise they generate in buildings. The CTE deals with vibration reduction in its basic document DB HR. What we actually should ask ourselves is if the state of the art in vibration transmission loss techniques are able to fulfill the regulation. Moreover, available products in the market are sometimes far from meeting the standards. In this article we try to update this topic.

### RESUMEN

Las actuales exigencias normativas sobre la reducción a la transmisión de las vibraciones vienen justificadas debido a que inducen además ruido estructural a través de los paramentos en las edificaciones. El CTE<sup>(1)</sup>, recoge en su documento básico DB HR<sup>(2)</sup>, directrices para la reducción de vibraciones. Lo que hace falta preguntarse es si el estado del arte sobre las técnicas de aislamiento vibratorio, su interpretación normativa y además, los productos normalizados existentes en el mercado, pueden permitir plenamente dicho cumplimiento. Este trabajo hace una puesta al día al respecto.

### 1.- INTRODUCCIÓN: REFLEXIÓN SOBRE LA INCLUSIÓN DE LAS VIBRACIONES EN LA NORMATIVA

Sorprende observar que el término vibraciones siempre acompaña al de ruido en el redactado del actual marco reglamentario como “ruido y vibraciones” haciendo entender, erróneamente, como si fuese una variante específica de los fenómenos sonoros no deseados. Por ello la ley 37/2003<sup>(3)</sup> lo inserta dentro del concepto de *contaminación acústica*<sup>(4)</sup> y tanto en la LOE<sup>(5)</sup> como en la Directiva 2002/49/CE<sup>(6)</sup> es curioso ver que se excluye directamente.

Ello posiblemente se deba a que su omisión, desde un principio, se haya arrastrado tradicionalmente y por tanto, según opiniones,-...”lo que no está escrito no existe, de manera que esta carencia aparentemente sutil acaba afectando de forma crítica a las instalaciones.”-  
(6). Efectivamente, de las patologías “vibroacústicas” tratadas, un porcentaje elevado son

detectadas en la fase de puesta en marcha de las instalaciones, debido a que no han sido consideradas en su fase de proyecto. Inclusive, una parte de estas mismas, son los propios vecinos quienes lo denuncian, y como es de esperar, son las de mayor perjuicio. Considerando además que los estudios vibroacústicos son más complejos por el mayor número de variables y no tan difundidos respecto a las del control de ruido, ello podría explicar también que su escaso reflejo en el texto normativo sea producto de su difícil transcripción, aunque nunca ha de ser motivo de justificación.

## 2.- EL AMPLIO MARCO NORMATIVO ACÚSTICO Y SU INTERPRETACIÓN TÉCNICA

Como es sabido, el DB HR (de abril/2009) desarrolla el artículo 14 del CTE, el cual fija la *exigencia básica de protección frente al ruido*, como *requisito básico de habitabilidad*<sup>(7)</sup>, es decir, “el objetivo a cubrir”. Para satisfacerlo, el documento básico despliega reglas y procedimientos para reducir las transmisiones de ruido aéreo, de impactos, del ruido y vibraciones de las instalaciones y por último, para limitar el ruido reverberado.

El concepto mencionado de *ruido y vibraciones de las instalaciones* lo podemos interpretar como la acción conjunta del *ruido estructural*<sup>(8)</sup> inducido por vibración mecánica y la afectación directa de ésta misma sobre personas y estructuras. Esto nos lleva a considerar a los edificios ambivalentemente como *receptores acústicos*<sup>(9)</sup>, definición preferente según el CTE, y como *emisores acústicos*<sup>(10)</sup>, según el articulado que la Ley estatal cita. Así pues, toda la heterogénea tipología de instalaciones que pueden dotar a un edificio genera niveles tanto de emisión, afectando a otros edificios, como de inmisión que consecuentemente, afecta directamente a los propios vecinos del inmueble. Es decir, que los niveles normalizados de inmisión sonora en los recintos habitables además de considerar las instalaciones propias del edificio, han de tener en cuenta también la posible afectación de los ruidos y vibraciones de las instalaciones de los edificios colindantes, todo ello tendrá una implicación directa en los objetivos de aislamiento acústico de los paramentos separadores entre recintos habitables y de instalaciones. Por eso, el CTE se coordina con el despliegue reglamentario de la Ley estatal del ruido, tal como se indica en el apartado 2º del artículo 2.3 del DB HR.

Este mismo apartado desarrolla el cumplimiento del requisito básico que han de tener los recintos habitables y protegidos frente a las vibraciones y ruido estructural. Es interesante recalcar a este respecto, que lo cita solo con “limitar los niveles de ruidos y vibraciones en instalaciones”, posiblemente para hacer prevalecer el carácter prestacional, es decir, de limitarse a informar cuales son los requisitos a alcanzar sin imponer recetas cerradas de soluciones, contrariamente al espíritu prescriptivo de la NBE CA88. Pero la consecuencia inmediata es que ocasiona, según que casos, cierta inseguridad en su interpretación técnico jurídica. El apartado 3 del mismo DB HR también presenta ciertas dudas de interpretación al, enfocar todo el despliegue de las condiciones de montaje de los diferentes equipos, desde la vertiente de evitar la transmisión de vibraciones a fin de no provocar molestias en los recintos habitables o protegidos. Inclusive, menciona el informe UNE 100-153IN que indica criterios de selección de soportes elásticos antivibratorios para los equipos de climatización que aseguren al menos un aislamiento vibratorio mínimo del 90%. Ante esto cabría preguntarse razonablemente ¿Pero qué pasa con el ruido estructural?, y si bien nos basamos desde el enfoque de reducción de las vibraciones, entonces quizás la pregunta más acertada en consecuencia sería: ¿Cuánta vibración he de reducir para dejar de emitir ruido estructural, o al menos, hasta quedar por debajo de los niveles normativos de inmisión sonora?. La respuesta la tendremos obviamente en el rango de aislamiento vibratorio que va del 90% al 100%, puesto que reducida la vibración a esos niveles de aislamiento, el ruido estructural desaparece del global de inmisión sonora. Dar respuesta, por tanto, a la pregunta planteada requeriría establecer un criterio de actuación que relacionase vibración con ruido estructural. La edición del DB HR de enero del 2008 en su apartado 3.3.2.1 relacionaba la potencia sonora máxima de los equipos con la transmisibilidad vibratoria (opuesto del grado de aislamiento), estableciendo esta relación de ruido inducido por vibración, pero este apartado ya no figura en la actualización vigente del DB HR.

Cierta luz en el camino la podemos tener también en los niveles de vibración que figuran en la tabla C del anexo II el RD 1367/2007<sup>(11)(11)</sup>, pero siempre dentro de la perspectiva de la percepción molesta de las vibraciones, sin asegurar por ello, que reducir la vibración por debajo del listón normativo, garantice dejar de percibir ruido estructural. A tal respecto, una forma de cuantificarlo lo proporciona el apartado 3.3 del anexo IV del citado decreto, que dentro de los métodos de evaluación para los índices acústicos, lo cuantifica con el término *presencia de componentes de baja frecuencia*, pero aplicable solamente cuando las patologías fuesen ya manifiestas y no permite realizar predicciones en la fase inicial de proyecto. Si además de esto, debemos armonizar el importante despliegue normativo existente (ver Gráfico1) hace que, en ocasiones, la aplicación normativa y su interpretación técnica sean costosas, lo que comporta una inversión en energías importante que no garantiza totalmente el pretendido confort acústico en las edificaciones.

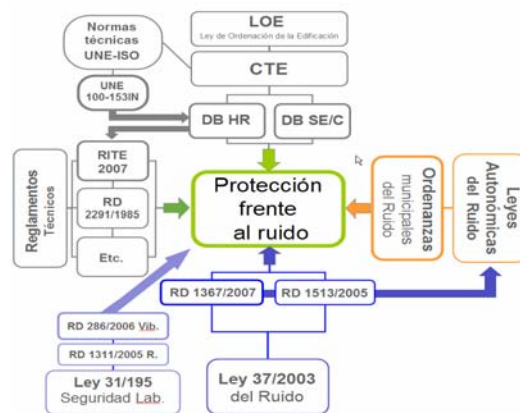


Gráfico 1: Despliegue de normativa que afecta a la calidad acústica

En conclusión, ante la prolífica normativa existente, es mejor prevenir partiendo de un adecuado planteamiento vibroacústico del proceso constructivo, que curar por haberse limitado estrictamente a la visión jurídico acústica.

### 3.- ESTADO DEL ARTE EN LAS TÉCNICAS DE AISLAMIENTO DE VIBRACIONES

Debemos analizar el estado del arte de las técnicas de aislamiento vibratorio para saber si los conocimientos actuales permitirían dar soluciones acertadas que puedan ayudar a cubrir las expectativas de *calidad acústica*<sup>(12)</sup> en las viviendas, en cuanto a la manifestación sonora vía sólida de las vibraciones y así salvar la cierta imprecisión de la interpretación técnico jurídica presentada en el anterior apartado.

Para ello se han desarrollado técnicas basadas fundamentalmente en reducir la *transmisibilidad vibratoria* que una máquina o instalación origina en régimen transitorio o permanente y que por ello comportarán actuaciones a nivel de sus apoyos o puntos de unión con la estructura soporte. En este sentido diremos que la fuente generadora de molestias es la máquina y que por tanto se adoptará un método directo de actuación. Por el contrario, si las que reciben niveles perjudiciales de vibración a través de la estructura son las propias máquinas, entonces diremos que las técnicas de aislamiento requieren un método indirecto que las considere como los receptores a tratar. Por otro lado, suele utilizarse también el término de “control de vibraciones” para añadir, además de las técnicas de aislamiento, las prácticas utilizadas en ingeniería mecánica, que se encaminan a mantener los niveles de vibración de maquinaria, dentro de unos parámetros controlados, indicadores de un correcto funcionamiento.

A lo largo de la vida útil de toda máquina e instalación, aparecerán fuerzas dinámicas perturbadoras originadas por desalineaciones, holguras, deformaciones, etc., que incrementarán la vibración, tal y como se manifiesta la fiebre denotando la presencia de una enfermedad. Esto implica, además, poseer conocimientos de como funcionan las máquinas y sus diferentes partes a tratar ya que nos proporciona una valiosa información sobre su comportamiento dinámico: “dime como funcionas y te diré como vibras”. Por tanto, antes de abordar un adecuado aislamiento vibratorio previamente se ha de realizar una inspección y control de vibraciones del equipo.

Toda máquina, especialmente las que aparecen en las instalaciones de los edificios, no se la considera como un equipo compacto e independiente puesto que está unida o conectada a otros mecanismos, estructuras, conducciones, y un largo etc., estos elementos complementarios actúan, no solamente como canales de transmisión de la vibración procedente de la fuente principal, si no que pueden además, ser fuentes secundarias de vibración y en consecuencia retroalimentar el sistema amplificando los niveles vibratorios generados. Por ello consideramos la instalación a efectos vibroacústicos como la suma de subsistemas concadenados, más o menos complejos en función de los elementos dinámicos existentes, de forma que interactuarán emitiendo vibración y ruido estructural al medio. (ver Imagen 1)

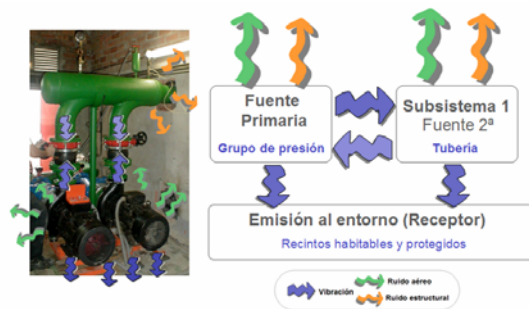


Imagen 1: esquema vibroacústico de una instalación

### 3.1.1.- Técnicas de aislamiento de vibraciones

Se utilizan básicamente dos, las técnicas de aislamiento activo y aislamiento pasivo de vibraciones. Las primeras se utilizan en sectores de alto valor tecnológico, aplicable cuando los valores de amplitud de vibración son importantes o bien pueden afectar a la integridad estructural del mecanismo como puede darse el caso en aeronáutica, industria militar, transporte ferroviario o rodado. Naturalmente es imaginable que el coste de su aplicación es elevado y en las técnicas constructivas de la edificación no es usual su aplicación.

Por el contrario, el aislamiento pasivo de vibraciones engloba todos los métodos clásicos de aislamiento que se ven en las instalaciones de climatización, ascensores y básicamente todos aquellos equipos que rodean la vida cotidiana del individuo en las edificaciones. Como antes se ha citado, estas prácticas de la ingeniería mecánica consisten en interponer entre la fuente de vibración y la solera del edificio un elemento, denominado aislador, cuyo rol será el consumir la energía aportada por la máquina y por consiguiente presentar una resistencia a la transferencia de energía vibratoria impidiendo la transmisión del movimiento periódico. La eficacia del sistema aislante diseñado, se podrá conocer determinando la cantidad de energía vibratoria que se transmitirá a la estructura. Para ello se procederá a su cálculo mediante una función de transferencia que relacionará la señal vibratoria de salida con la de entrada, es decir la transmisibilidad.

### 3.1.1.1.- La Transmisibilidad (T)

La podemos definir como la capacidad que posee el sistema mecánico para facilitar el paso de la vibración a la estructura del edificio, para ello relaciona la amplitud de la fuerza transmitida respecto a la de la fuerza excitatriz (ver **Imagen 2**). Esta función grafiada (ver **Gráfico 2**) dependerá de tres factores básicos: la modulación ( $\rho$ ), la frecuencia angular propia del antivibrador, ( $\omega_0$ ) y finalmente el coeficiente resistivo de amortiguación ( $\zeta$ ), que solamente actúa cuando el sistema está en régimen dinámico. En la práctica habitual, se utiliza el término porcentual de *grado de aislamiento vibratorio* (G%) calculado como el opuesto a la transmisibilidad.

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1+(2\zeta\rho)^2}}{\sqrt{(1-\rho^2)^2+(2\zeta\rho)^2}}$$

$$\rho = \frac{\omega}{\omega_0} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}}$$

Imagen 2: Transmisibilidad

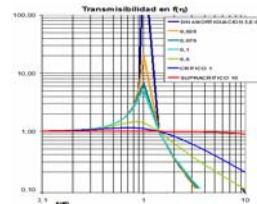


Gráfico 2: Función de la Transmisibilidad en función de la modulación

El éxito de diseñar un adecuado soporte antivibratorio, consistirá en saber ajustar adecuadamente los anteriores parámetros en función de la fuerza excitatriz de la máquina, masa del equipo, ubicación, y exigencia de aislamiento requerida. Así se está en condiciones de poder establecer un criterio de cálculo del aislamiento vibratorio para diseñar y seleccionar adecuadamente un antivibrador. Este criterio en términos generales se basa en los siguientes puntos:

1. Cuanto más aproximemos el sistema antivibratorio al modelo mecánico masa-muelle limitado a un solo grado de libertad, mejor podremos determinar la efectividad del aislamiento vibratorio.
2. El aumento de la amortiguación reduce la amplitud de vibración pero en detrimento de mermar la eficacia de la transmisibilidad. Por tanto los sistemas deberán ser mucho más aislantes que amortiguantes.
3. Se diseñará un sistema masa muelle cuya modulación deberá alejarse lo más posible de la unidad ya que es el punto de la máxima amplitud (resonancia), y por tanto cuando el sistema tenga el mínimo valor de impedancia mecánica.
4. La impedancia mecánica de la masa del soporte antivibratorio aumenta con la frecuencia. Por ello se justifica de la utilización de bancadas o masas de inercia adicionales.
5. La efectividad del aislamiento vibratorio será a partir de raíz de dos veces el valor de la modulación. El valor de la modulación será  $> 4$  para asegurar una T mínima de 0,1.
6. Para evitar que la masa del montaje antivibratorio afecte al valor de su frecuencia natural, ésta no deberá ser mayor que 0,1 veces el peso de la máquina.
7. Para evitar influencia de la elasticidad de la estructura de la estructura del soporte antivibratorio será 0,1 veces menor de la estructura soporte.

### 3.1.1.2.- El montaje antivibratorio (m.a.) para instalaciones en edificios

El m.a. está compuesto por la combinación en paralelo de elementos predominantemente aislantes cuya linealidad les proporcionará una coincidencia entre su rigidez estática y dinámica, como sucede con los resortes helicoidales de acero, frente a los elementos de caucho cuya rigidez dinámica es mayor por su histéresis interna. Así se puede crear un sistema determinista de forma que el m.a. resultante, apenas se desviará del modelo diseñado previamente.

Los valores de amplitud vibratoria que se encuentran en las máquinas e instalaciones en edificios no son elevados, dentro de su régimen permanente de trabajo, situado entre las 500 a

3.000 rpm y que predomina frente a fenómenos transitorios que aparecen en diversas fases de funcionamiento. Ejemplos de ello son los compresores y ventiladores de equipos de climatización que generan una vibración permanente, frente a los transitorios que producen los ascensores electromecánicos en la fase de arranque y parada. En ambos casos su percepción presenta tonales e impulsivos en el rango frecuencial de 16 a 400 Hz.

$$\delta = \frac{g}{4\pi^2 F_0^2}$$

Ecuación 1

Por apenas tener amortiguación el m.a. se puede determinar directamente la deflexión estática ( $\delta$ ) (ecuación 1) a partir de la frecuencia natural ( $F_0$ ). Por tanto, podemos también relacionar deflexión con la transmisibilidad para cada régimen de trabajo de los equipos e instalaciones en edificios. Esta relación se muestra en la Tabla 2, cuyo aspecto más destacable es ver que las deflexiones estáticas aumentan un múltiplo de 4 cada vez que reducimos a la mitad el régimen de trabajo de los equipos. Además, para transmisibilidades mayores a 0,05 y regímenes de trabajo bajos las deflexiones estáticas son muy elevadas, llegando hasta valores que requerirían sistemas súper elásticos. Si además se tiene en consideración la elasticidad de la estructura de apoyo, un mismo equipo requerirá aisladores de vibración cada vez más elásticos, a medida que aumente la luz entre apoyos del forjado (UNE 100-153IN) (Tabla 3)

Tabla 2: Deflexión estática & Transmisibilidad

Fp	T				Fp	T			
	0,1	0,05	0,02	0,01		0,1	0,05	0,02	0,01
3.000 rpm	1 mm	2 mm	5 mm	10 mm	750 rpm	18 mm	34 mm	80 mm	160 mm
1.500 rpm	4 mm	8 mm	20 mm	40 mm	700 rpm	20 mm	39 mm	95 mm	194 mm
1.000 rpm	10 mm	19 mm	45 mm	90 mm	650 rpm	23 mm	45 mm	110 mm	213 mm
900 rpm	12 mm	23 mm	56 mm	111 mm	600 rpm	28 mm	52 mm	130 mm	259 mm
800 rpm	16 mm	30 mm	70 mm	135 mm	550 rpm	33 mm	62 mm	155 mm	310 mm

Tabla 3: Elasticidad forjado & deflexión

Ventiladores hasta 600 mm de diámetro de rodete	Forjado con luces entre apoyos hasta			
	6 m	8 m	11 m	14 m
>500 rpm	40 mm	50 mm	90 mm	90 mm
300 a 500 rpm	40 mm	60 mm	70 mm	90 mm

Entonces, tal como se mencionaba en el anterior apartado 2 (párrafo 3ª), si además de reducir vibración queremos que el ruido estructural no incremente los niveles de inmisión en los recintos habitables y que posiblemente tengamos para ello que llegar a transmisibilidades inferiores a 0,1, deberemos en consecuencia conseguir que los sistemas antivibratorios sean muy elásticos, estableciendo como mínimas deflexiones a partir de 25 mm.

#### 4.- ESTUDIOS Y FACTOR EXPERIENCIA

Estudios específicos de impacto vibroacústico de instalaciones en los edificios han arrojado cierta luz para determinar el aislamiento vibratorio correcto que no haga incrementar los niveles de inmisión sonora, que en el caso concreto para ascensores en edificios (10) se requerían sistemas antivibratorios con una transmisibilidad de 0,01. Es decir, sistemas también muy elásticos. Por otro lado, de las patologías vibroacústicas mencionadas en la introducción, las que se apreciaba reducción de vibración pero aún existía una percepción subjetiva de ruido estructural, los niveles de vibración ponderada, en el mejor de los casos, se situaban sobre los  $L_{aw}$ : 70 dB ( $a_0:10^{-6}m/s^2$ ) es decir, por debajo inclusive del marco normativo estatal. Por otra

parte, en otros casos en los cuales si que se había eliminado el ruido estructural, los niveles de vibración lineal medidos en la solera del recinto de instalaciones daban valores máximos de 70 dB, que si además le aplicásemos la ponderación serían aún menores. En estos casos inclusive se determinó la transmisibilidad obtenida a partir de los niveles de aceleración de salida respecto a la entrada del sistema, arrojando un valor mínimo de 0,05.

Esto lleva a pensar que si las máquinas de las instalaciones poseen niveles de vibración que en el mejor de los casos, pueden llegar a ser de 90 dB de aceleración de vibración ponderada (en bombas y compresores se superan ampliamente), entonces deberemos llegar a conseguir montajes antivibratorios con transmisibilidades que en muchos casos serán de 0,05 para poder asegurar que los niveles de vibración en la solera se sitúen en los 60 dB de aceleración ponderada. Así podremos llegar a responder la pregunta que en un principio se establecía.

Finalmente hay que indicar que hace 19 años las patologías vibroacústicas se caracterizaban por que los equipos no incorporaban ningún sistema antivibratorio o bien se habían colocado materiales poco apropiados por su escasa reducción de la transmisibilidad (corcho, fieltro, madera, goma dura, etc). En la actualidad las patologías que se producen se caracterizan porque aún colocando elementos antivibratorios, se sigue percibiendo vibración y/o ruido estructural. En estos casos se ha comprobado que las patologías se debían a tres factores: selección inadecuada, incorrecta colocación y se habían dejado puntos de fijaciones rígidas entre equipos y conducciones con la estructura del edificio. Por tanto, la correcta aplicación es vital para el confort vibroacústico y no se debería caer en la perplejidad que dichas patologías se han producido aún habiendo seguido las indicaciones de recetarios o fichas de aplicación, si no que hay que utilizar, además del sentido común mecánico, el conocimiento profundo de lo que se está tratando para establecer una diagnosis correcta.

## **5.- SITUACIÓN DE LOS PRODUCTOS EN EL MERCADO PARA EL AISLAMIENTO DE VIBRACIONES**

Los productos normalizados que proliferan en el actual mercado se localizan habitualmente o bien a través de canales de distribución comercial (distribuidores, almacenistas, etc.) o en empresas especializadas que aportan un valor añadido al dar recomendaciones y soporte técnico para una correcta aplicación. El mercado nacional español posee al menos el 50% de los fabricantes de estos productos a nivel europeo y por tanto, son una buena muestra del estado actual de este tipo de fabricados. De los 5 fabricantes estudiados, coincide que los productos antivibratorios utilizados para los equipos e instalaciones en edificios, podemos agruparlos en tres grandes familias: amortiguadores de caucho metal (silentblocs), tacos y placas de caucho o caucho celular en múltiples formatos y, por último, aisladores metálicos de muelle. A tenor de lo que se indicaba anteriormente, se necesitarán elementos muy elásticos y con una escasa capacidad de amortiguación. Por tanto, ya las dos primeras familias anteriormente citadas se podrían casi descartar puesto que no son aisladores puros y se consiguen deflexiones que en el mejor de los casos llegan a 10 mm. Solamente nos quedaría la tercera familia de productos, los aisladores metálicos de muelle, pero de las especificaciones técnicas se puede extraer que el rango real de trabajo se sitúa entre los 15 a 20 mm a pesar de que algunos fabricantes indiquen rango máximo de trabajo 25 o 30 mm, se ha de considerar como una situación transitoria porque una compresión permanente a estos valores conlleva una fatiga prematura en estos productos. Si la deflexión estática mínima debería ser mínima de 25 mm, nos lleva a pensar que el mercado demandará obligatoriamente productos mucho más elásticos para así conseguir por un lado, los requerimientos normativos y por otro conseguir plenamente los objetivos de calidad vibroacústica, ya que así limitaremos en gran modo las emisiones de ruido estructural inducido por vibración mecánica.

## **6.- CONCLUSIONES**

La actual normativa cumple sólo parcialmente los objetivos de calidad ya que no acota suficientemente las vibraciones y ruido estructural de las instalaciones y hace que su

interpretación técnico jurídica sea en ciertos casos imprecisa y dependa fundamentalmente de la experiencia del consultor vibroacústico. El estado del arte existente, junto a la experiencia y bases de datos en la actualidad, permite establecer criterios de actuación aunque los productos existentes en el mercado no cumplen del todo con los requerimientos si queremos abordar no tan solo la vibración mecánica si no además el ruido estructural. Por tanto deberán diseñarse nuevos productos teniendo en cuenta estos requerimientos.

## 7.- AGRADECIMIENTOS

A mi colega acústico y amigo Miguel Arana Burgui para agradecerle, después de 18 años, el haberme sumergido, de golpe, en este mundo acústico, desde su invitación al Tecniacústica celebrado en Pamplona. Pequeños gestos pueden ocasionar grandes cambios.

## 8.- NOTAS

1. El Código Técnico de la Edificación (CTE Art.1.1)
2. DB HR: El Documento Básico "DB HR Protección frente al Ruido" (CTE art. 14.3)
3. Ley 37/2003 del Ruido (L37/2003 art.1)y Guía DB HR Fig.1.2)
4. Contaminación acústica (L37/2003 art. 3d)
5. LOE: Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
6. Directiva 2002/49/CE: del Parlamento Europeo, de 25 de junio, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
7. Requisito básico de habitabilidad para la protección frente al ruido (Guía DB HR 1.2. y LOE art. 3.1 y 3c.2)
8. Ruido estructural o de impactos (Guía DB HR 1.4).
9. Edificio como receptor acústico (L37/2003 art. 2 apartado1)
10. Emisor acústico (L37/2003 art.3e)
11. Real Decreto 1367/2007: del 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003
12. Calidad acústica (L37/2003 art. 3c).Objetivo de calidad acústica (RD1367/2007 Art. 2p; L37/2003 Art.3m)

## 9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) LOE Ley de Ordenación de la Edificación
- 2) Ley 37/2003 del Ruido y RD 1367/2007.
- 3) Documento Básico DB HR versión 25/1/2008.
- 4) Documento Básico DB HR versión abril del 2009.
- 5) Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido Versión V.01 1 de agosto de 2009.
- 6) Francisco Martínez Gómez (Grupovac): Nuevo marco normativo relativo a la acústica de las instalaciones de aire en los edificios. AINAIR 2007.
- 7) Günter Kurtze: Física y Técnica para la lucha contra el ruido (pag176 ec. 3.97)
- 8) Harris' Shock and Vibration Handbook: fifth edition.
- 9) Fernando Bolaños: Las resonancias mecánicas en el diagnóstico de fallos. Mantenimiento 11-12/1992
- 10) Proyecto CIDEM: LEAM – Vibcon: Sistemas de aislamiento vibroacustico en ascensores. Tecniacústica 2005.
- 11) Jesus Uriol Chavarriga (Acusticsambient): Guía gráfica de ejemplos de tratamiento vibroacústico de instalaciones en el CTE