



REGLAS PARA EL CONTROL DE LA PROPAGACION DEL RUIDO

**A.I.S.S. Sección de Protección de Máquinas
Grupo de Trabajo. "Lucha contra el ruido"**

Para poder juzgar un ruido, aparte de conocer sus fuentes, los puntos en que se encuentran ubicadas y las características del mismo, es importante definir como se efectúa la propagación de la onda sonora. De acuerdo con esto se distinguen tres posibilidades básicas de reducción del ruido:

- a) Eliminar su origen.
- b) Eliminar o reducir su transmisión no aérea.
- c) Eliminar o reducir su propagación aérea.

Este documento pretende presentar una serie de reglas sobre el control de la propagación de ruido.

CRITERIOS SOBRE PROPAGACION DEL RUIDO

En la transmisión del ruido desde la fuente al receptor hay que distinguir entre caminos de transmisión **directos e indirectos**; en la mayoría de los casos esas dos posibilidades aparecen juntas.

La transmisión directa del ruido se realiza a través del aire desde la fuente hasta el receptor, sin interposición de otro medio de transmisión; son posibles cambios de dirección, causados por reflexiones y variaciones en la intensidad del mismo, debido al fenómeno de absorción acústica.

En la transmisión indirecta, el ruido producido en la fuente es transmitido, en todo o en parte, como ruido no

aéreo (ruido transmitido a través de un líquido o un sólido, vías portadoras intermedias), hasta superficies con condiciones de radiación apropiadas; desde allí se propaga por el aire hasta el receptor del mismo (véase representación esquemática adjunta).

REDUCCION DE LA TRANSMISION NO AEREA DEL RUIDO

Muchas fuentes de ruido producen impulsos de nivel elevado, a causa de choques o desequilibrios que, a través de la cimentación de la máquina, empalmes de tuberías o elementos de conexión, excitan otras superficies y son radiados desde éstas como ruido transmitido por el aire. En esa **transmisión indirecta de ruido** se puede obtener una atenuación en la potencia acústica generada, utilizando técnicas de amortiguación o aislamiento. La aplicación de estas técnicas debe ser la primera medida a tomar en consideración para conseguir una reducción del ruido en lugares adyacentes a los de la fuente, que necesitan ser protegidos.

Aislamiento contra el ruido no aéreo

El ruido no aéreo, está generado por ondas sonoras que se propagan en un cuerpo sólido; este hecho hace que pueda ser radiado a una distancia más o menos grande desde su punto de origen al punto en que se transforma en ruido transmitido por el aire. La limitación de su propagación, debe ser el primer paso en la lucha contra el ruido.

En general, el aislamiento contra el ruido no aéreo debe ser tomado más en consideración cuanto más flexible y cargada se encuentra la capa intermedia elástica.

Dado que las máquinas se encuentran, normalmente, colocadas sobre cimentaciones sólidas, la magnitud adimensional de correlación " λ ", es un valor fundamental a considerar en el aislamiento frente al ruido no aéreo.

$$\lambda = \frac{f_r}{f_o} \quad (f_r > f_o)$$

f_r = frecuencia de excitación

f_o = frecuencia natural

Cuando no sea posible contruir cimentaciones pesadas o no sea suficiente su efecto, hay que utilizar

aisladores de las vibraciones como son: muelles de acero que reducen la propagación de vibraciones, elementos de caucho-metal o suspensiones elásticas.

En la utilización de elementos de suspensión elástica se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Deben ser de superficie tan reducida como sea posible, lo que se puede conseguir utilizando varios aisladores pequeños en vez de un solo aislador grande.
- Se deben cargar hasta su capacidad total de carga, con el fin de lograr un buen efecto de aislamiento.
- Se deben cargar de forma homogénea (el alargamiento transversal del aislador no debe ser obstaculizado por armazones fijos), y
- No se debe puntear el aislador, con conexiones rígidas.

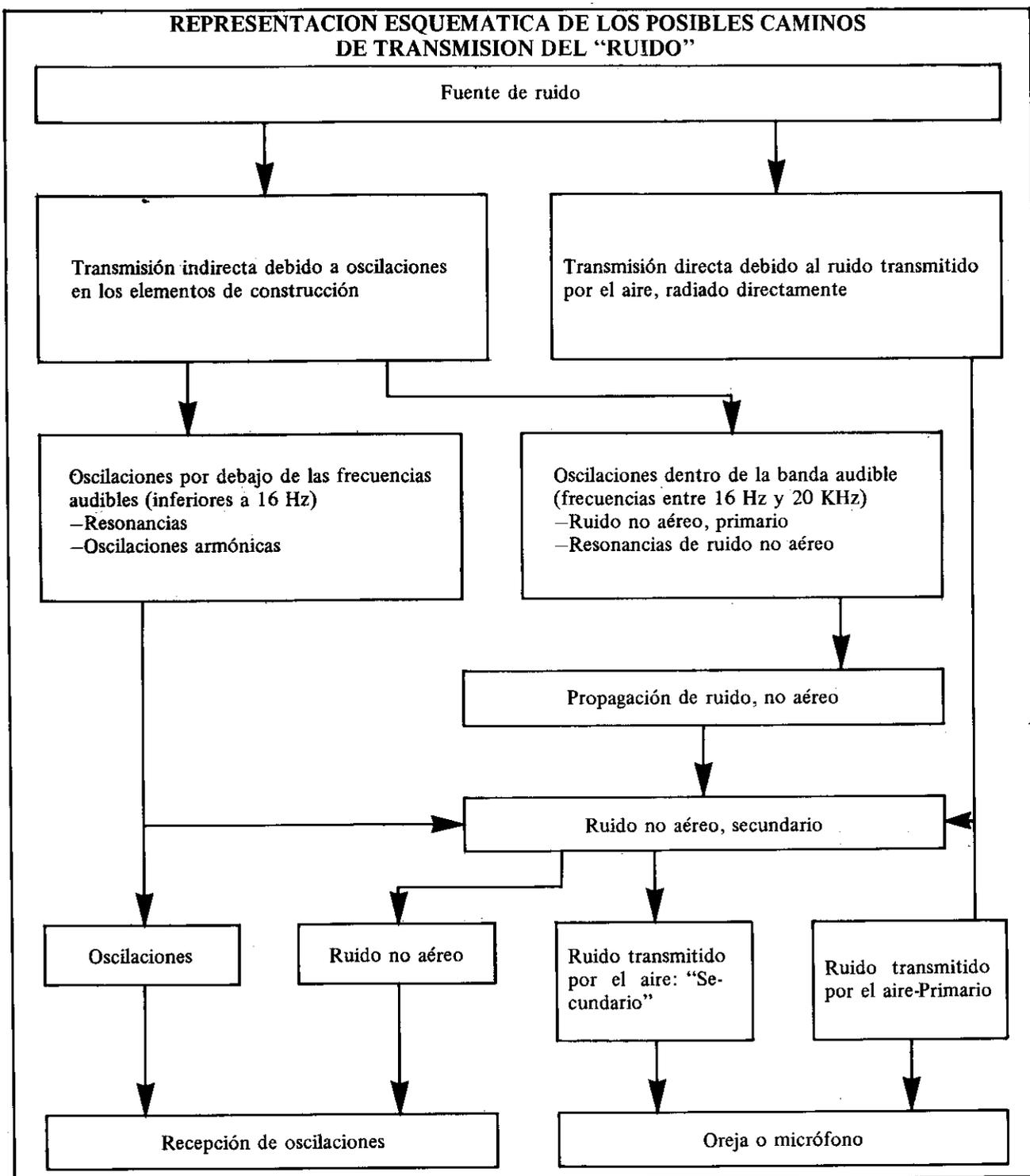
El aislamiento frente a las vibraciones y oscilaciones mecánicas, generadas por una máquina se puede realizar:

- a) Efectuando un aislamiento antivibratorio "simple", en el que la máquina se apoya sobre elementos de suspensión elásticos o muelles de acero, que se encuentran sobre la rígida cimentación principal.
- b) Efectuando un aislamiento antivibratorio "compuesto", en el que la máquina se apoya en una "base intermedia" que se encuentra unida a otros elementos de suspensión elástica unidos rigidamente a la cimentación principal.

Para la fijación elástica de tuberías, pasos y elementos de conexión son apropiadas capas intermedias elásticas de caucho, lana mineral o corcho. En general, el aislamiento contra ruidos no aéreos, depende del espesor y la compresibilidad de la capa aislante.

Amortiguación del ruido no aéreo

Una forma de impedir o limitar la radiación del ruido transmitido por el aire consiste en conseguir una amortiguación de la intensidad de la perturbación oscilatoria. El factor de pérdida que la define, es una constante del material constitutivo del medio insonorizante. Cuanto más grande sea la amortiguación interior del material, tanto menos energía acústica será transmitida a través de ese material en forma de sonido no aéreo.



Materiales con poca amortiguación interior son p.e. el acero y el vidrio. Sin embargo, el caucho, los materiales de insonorización, las chapas y las combinaciones de ambas, son elementos que tienen alta amortiguación interior. La amortiguación se puede obtener de dos maneras diferentes:

- Utilizando una plancha amortiguante única (construcción simple).
- Utilizando una plancha amortiguante entre otras dos planchas, la mayor parte de las veces, rígidas (construcción sandwich).

Se pueden utilizar las siguientes técnicas en la colocación de las planchas amortiguadoras del ruido.

- Enlucido.
- Fijación, mediante pegamento u otro medio, de dichas planchas a la superficie a tratar.
- Introducción del material fundido en el espacio a ocupar por el mismo.

Las planchas amortiguadoras del ruido han de poseer buenas propiedades de adhesividad, resistencia al envejecimiento y estabilidad térmica.

Las características más importantes que deben reunir estas dos formas de colocación de las planchas amortiguantes del ruido son:

1. La plancha simple está sometida únicamente a flexión y su eficacia es independiente de la

frecuencia. Debe poseer las propiedades siguientes:

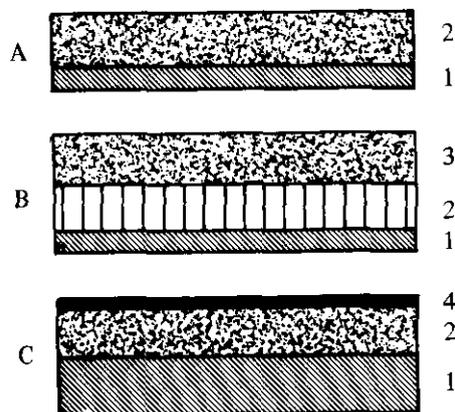
- Pérdida elevada de su poder de amortiguación de los ruidos cuando es sometida a fricción.
- Módulo de elasticidad alto o gran rigidez mecánica.
- Espesor, lo más grande posible.
- Gran distancia entre fibra neutra de la plancha de base y el plano medio de la plancha amortiguante.

2. La plancha amortiguante con plancha de cubierta (plancha "sandwich" o plancha combinada) está sometida a flexión y empuje debido a su forma de conexión. Su eficacia depende de la frecuencia y tiene las siguientes características:

- Alta pérdida de sus propiedades amortiguantes del ruido por fricción.
- El material debe mostrar un módulo bajo de elasticidad y empuje, es decir, debe ser blando y elástico.
- Las planchas metálicas de cubierta deben ser delgadas (aproximadamente 1/10 del espesor de la plancha base).
- Con planchas de acero, el espesor de la plancha de amortiguación al ruido debe estar comprendido entre 1'5 ÷ 2 veces del espesor de la plancha de base.

La figura 1, nos muestra un detalle de los tipos de plancha amortiguadoras de ruido, analizadas.

FIGURA 1
TIPO DE PLANCHAS AMORTIGUADORAS DEL RUIDO NO AEREO



- A. Plancha amortiguante simple
- B. Plancha simple con elementos de separación
- C. Plancha amortiguante con plancha de cubierta
- 1. Plancha de base
- 2. Medio insonorizante
- 3. Elementos separadores
- 4. Plancha de cubierta

REDUCCION DE LA TRANSMISION AEREA DEL RUIDO

Encapsulamiento

El encapsulamiento de una fuente de ruido tiene como objeto principal la reducción del nivel en las inmediaciones del mismo, consiguiendo de esta forma la protección de las zonas próximas de los niveles de ruido elevados.

El encapsulamiento de las fuentes de ruido se realiza envolviendo completa o parcialmente las mismas; su eficacia se consigue al impedir que se realice la propagación de la onda sonora a través del aire por el

en un punto que se encuentra fuera del sistema, en las mismas condiciones de servicio.

La figura 2, muestra un croquis de un encapsulamiento.

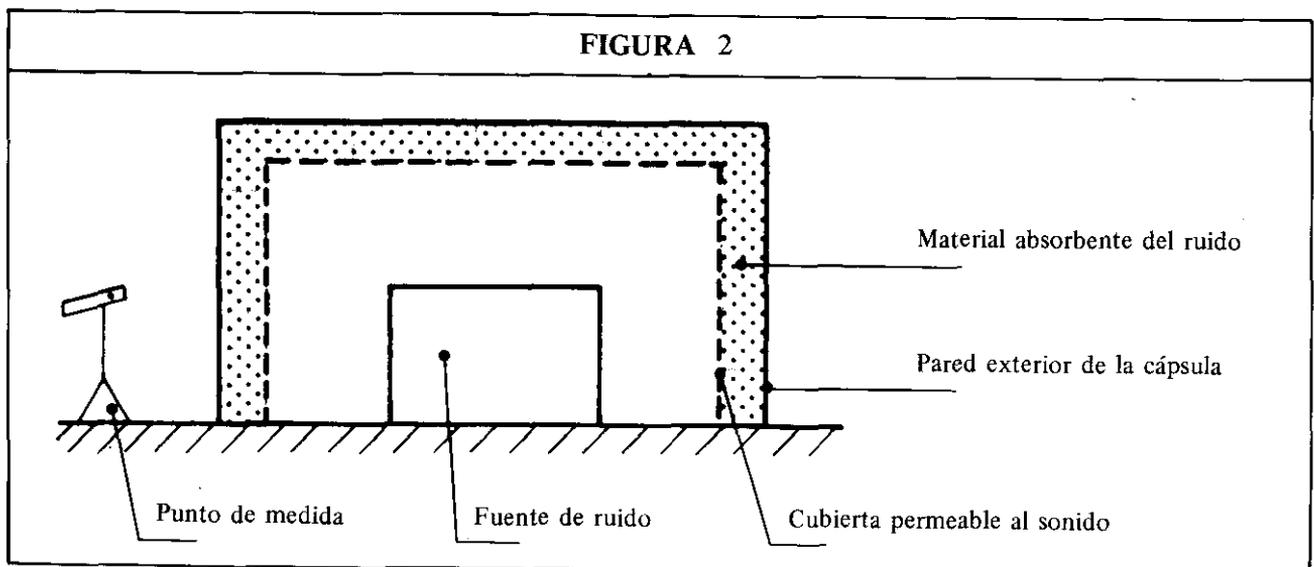
$$D_k = L_q - L_k$$

D_k = Grado de aislamiento acústico del encapsulamiento.

L_q = Nivel de ruido emitido sin encapsulamiento.

L_k = Nivel de ruido emitido con encapsulamiento.

Dependiendo de que las medidas de L , se realicen en valores globales [dB, dB (A)], o en bandas de octava o tercios de octava, así nos vendrán definidos los valores de d_k .



efecto del aislamiento acústico, al que la mayor parte de las veces se le suma el efecto de amortiguamiento.

La técnica del encapsulamiento consiste, la mayor parte de las veces, en la realización de una envoltura de chapa, cuya cara interior se encuentra recubierta de material absorbente del sonido. El grado de reducción que se consigue por medio del encapsulamiento, definido por las características de la envoltura, viene limitado, la mayor parte de las veces, por las posibles transmisiones a través de los elementos estructurales.

La eficacia del aislamiento acústico que nos ofrece el encapsulamiento, está definido por la diferencia entre los niveles de presión acústica, medidos con y sin el mismo,

Desde el punto de vista constructivo y de la eficacia del aislamiento acústico conseguido se pueden distinguir tres tipos de encapsulamiento:

1. Cortinas anti-ruido (Ver fig. 3A). Por lo general están formadas por planchas de fibra mineral, recubiertas por una superficie de tejido denso, pesado y flexible. Dan como resultado una reducción del nivel de presión acústica de 6 ÷ 7 dB(A). Son admisibles fugas menores de 1/30 de la superficie a encapsular.
2. Encapsulamiento con "UNA ENVOLTURA" (Ver figura 3B). Está formado fundamentalmente por:

- Una superficie exterior de material denso y pesado.
- Una plancha de material aislante del ruido.
- Una plancha de material absorbente del ruido.

Las fugas admisibles deben estar comprendidas entre el 1/100 y el 1/1000 de la superficie a encapsular.

Con un encapsulamiento simple se pueden conseguir reducciones del nivel de presión acústica entre 10 y 25 dB(A).

3. Encapsulamiento con "DOS ENVOLTURAS" (Ver figura 3C). Está formado fundamentalmente por:

- Dos cápsulas construidas con material denso y

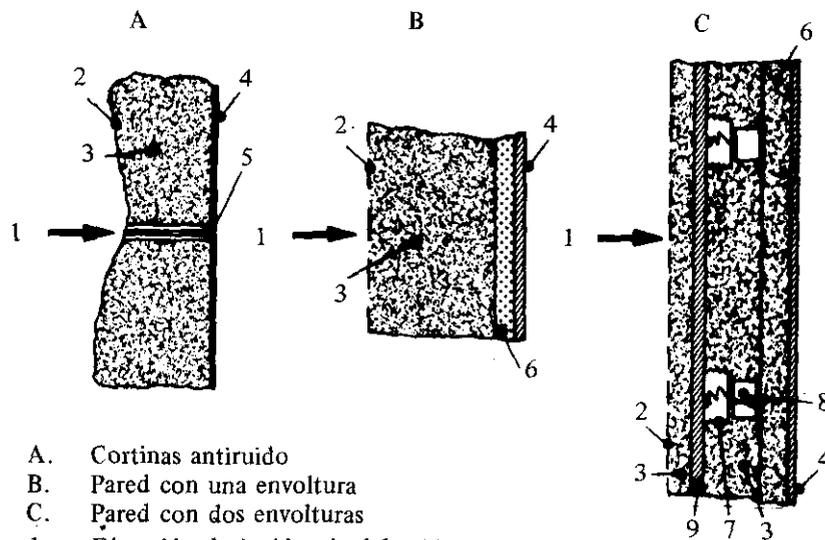
pesado, normalmente de chapa de acero o madera.

- Una plancha de material aislante al ruido, entre las dos cápsulas.
- Un relleno de material absorbente al ruido entre las dos cápsulas.
- Elementos elásticos separando las dos cápsulas.
- Un recubrimiento de material absorbente al ruido, forrando el interior.

Las fugas admisibles deben estar comprendidas entre 1/1000 y 1/30.000 de la superficie a encapsular.

Con este tipo de encapsulamiento se puede conseguir entre 25 y 40 dB(A) de reducción del nivel de presión acústica.

FIGURA 3
DETALLES CONSTRUCTIVOS DE ENCAPSULAMIENTO



- A. Cortinas antiruido
- B. Pared con una envoltura
- C. Pared con dos envolturas
- 1. Dirección de incidencia del ruido
- 2. Superficie permeable al ruido
- 3. Material absorbente del ruido
- 4. Superficie exterior A: tejido plástico con material de relleno pesado
B, C: chapa de acero, planchas de contrachapado
- 5. Pespuntes
- 6. Material insonorizante
- 7. Elementos elásticos
- 8. Perfil
- 9. Superficie interior

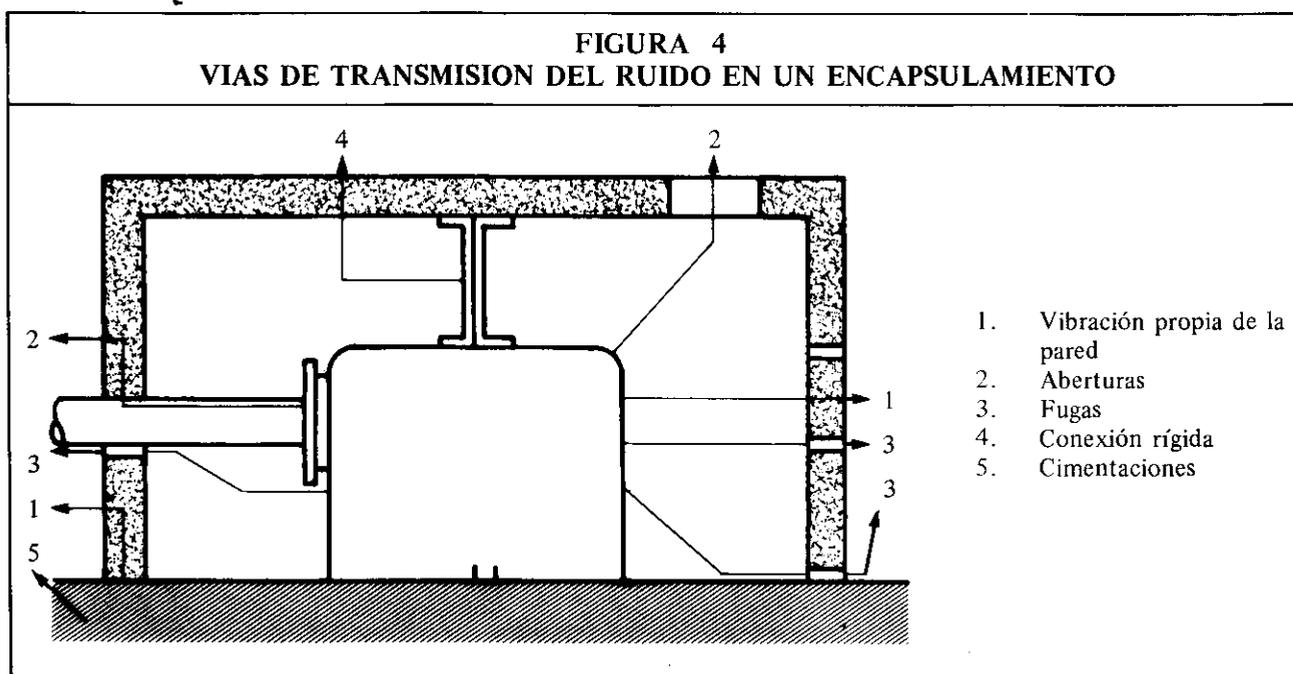
Un detalle importante a considerar cuando se trata de realizar un encapsulamiento frente al ruido, es el relacionado con los posibles caminos a través de los que se puede transmitir el ruido al exterior. Esto se puede concretar en los siguientes puntos:

1. Transmisión del ruido por vibración propia de la

miento. Lo que se consigue utilizando superficies de apoyo anchas y material elástico (caucho, plásticos elásticos, fieltro).

Las puertas y tapaluces han de estar provistas de bandas elásticas en su contorno que permitan un ajuste perfecto en el momento del cierre. Finalmente, hay que cerrar herméticamente, hasta la pared del encapsulamiento, todos los pasos de

FIGURA 4
VIAS DE TRANSMISION DEL RUIDO EN UN ENCAPSULAMIENTO



1. Vibración propia de la pared
2. Aberturas
3. Fugas
4. Conexión rígida
5. Cimentaciones

pared del encapsulamiento a través de las aberturas y las fugas.

2. Transmisión de sonido, no aéreo, a través de conexiones rígidas, cimentaciones o elementos de construcción adyacentes.

La figura 4 muestra un esquema de lo anteriormente indicado.

A este respecto, conviene tener presente las siguientes reglas en el momento de proyectar un encapsulamiento.

1. Las aberturas pequeñas se deben cerrar con fieltro o caucho; en las que sean mayores, deben colocarse en las mismas amortiguadores del ruido o construir las con compuertas. Asimismo, se debe realizar, con la mayor precisión, el sellado de las posibles fugas producidas al realizar el encapsula-

piezas de máquinas (p.e. árboles de levas y palancas de maniobra).

2. Debe ser impedida la transmisión del ruido no aéreo, lo que se puede conseguir:

– Eliminando las resonancias y el tableteo de los elementos constructivos.

– Hay que realizar las conexiones con la rigidez suficiente, evitando de esta forma generación de ruido no aéreo.

– Se debe insonorizar las chapas del encapsulamiento a fin de impedir que se activen por el sonido no aéreo. En los encapsulamientos ligeros, se debe de realizar un buen aislamiento acústico. Como medios insonorizantes, y elementos de junta pueden servir p.e. piezas de caucho blandas, que serán aplicadas entre la pared de la cápsula y el soporte.

- Hay que evitar que se realice una unión rígida entre el encapsulamiento y las máquinas o sus cimentaciones, respectivamente.
- A fin de impedir la transmisión del ruido no aéreo, generado por la máquina, se recomienda una cimentación separada o muy sólida. Si esto no fuera posible, la máquina deberá estar apoyada sobre una base de elasticidad simple, en el caso de cápsulas con UNA envoltura y, de elasticidad

doble con cimentación intermedia, en el caso de cápsulas con DOS envolturas (Ver figuras 5 y 6).
- Si fuese necesario un acondicionamiento térmico en el recinto del encapsulamiento, tendrán que instalarse aberturas de ventilación; con el fin de evitar que el encapsulamiento pierda su eficacia debido a la radiación de ruido por las aberturas, habrá que instalar amortiguadores delante de las mismas.

FIGURA 5
ESQUEMA DE UNA BASE DE "ELASTICIDAD SIMPLE",
CON UN ENCAPSULAMIENTO DE UNA ENVOLTURA

1. Suspensión elástica (p.e. caucho o muelles de acero que reducen la propagación de vibraciones).
2. Cimentación con alta impedancia mecánica (pesada y/o rígida).

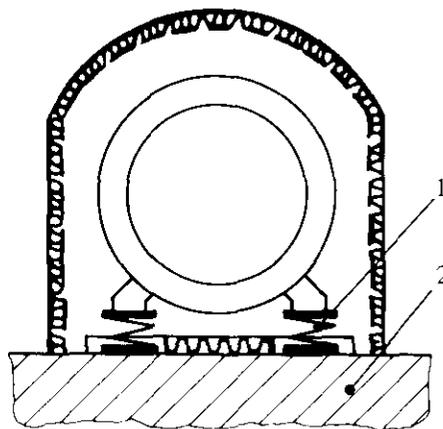
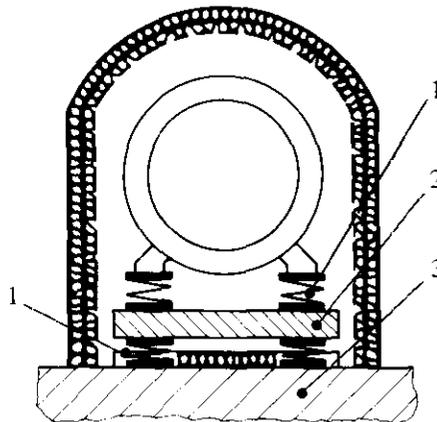


FIGURA 6
ESQUEMA DE UNA BASE DE ELASTICIDAD DOBLE
CON UN ENCAPSULAMIENTO DE DOS ENVOLTURAS

1. Suspensión elástica (p.e. caucho o muelles de acero que reducen la propagación de vibraciones).
2. Fundación intermedia (1/2 del peso del grupo aprox.).
3. Fundación con alta impedancia mecánica (pesada y/o rígida).



Amortiguadores del ruido (silenciadores)

Requisito indispensable para la eficacia de una insonorización por medio de un encapsamiento es que no existan aberturas; éstas, sin embargo, son a menudo imprescindibles: p.e. tubos de ventilación, pasamuros, etc. Con el fin de cerrar acústicamente esas aberturas, es necesario diseñarlas técnicamente, como canales con

$$A = 1,05 \cdot \alpha^{1,4} \frac{U}{S} \cdot l$$

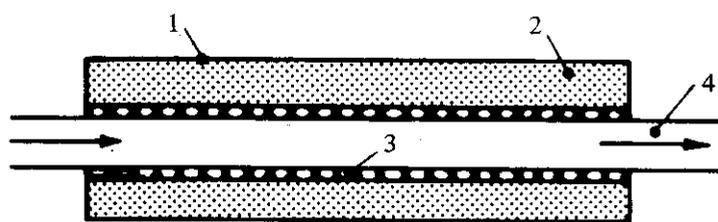
α = Coeficiente de absorción acústica, a dicha frecuencia.

S = Sección transversal del conducto, en m².

U = Perímetro del conducto, en m.

l = Longitud del conducto amortiguador, en m.

FIGURA 7



1. Envoltura exterior

2. Material de absorción acústica

3. Cubierta permeable al sonido

4. Conducto

revestimiento acústico en las paredes, efectuándose de esta forma la amortiguación deseada del ruido.

Al mismo tiempo aparecen, en tuberías y canales, ruidos producidos por el flujo de fluidos. La reducción de los mismos se puede realizar también utilizando amortiguadores del ruido.

Se distinguen tres tipos de amortiguadores: de absorción, de reducción y de reflexión.

Amortiguador del ruido "DISIPATIVO" o de absorción

El amortiguador "DISIPATIVO", está basado en el fenómeno de absorción acústica; en el mismo se produce una reducción de la energía acústica por transformación en calor.

Consiste en un conducto revestido con materiales absorbentes del sonido; su efecto insonorizante depende del coeficiente de absorción, y de la superficie revestida del conducto ($U \times l$), referido a la sección transversal (S). (Figura 7).

El valor de amortiguación "A" en (dB), para una frecuencia determinada, nos viene dado por:

En este tipo de amortiguadores acústicos y, definiendo la dimensión transversal del conducto, "h", por el diámetro del mismo en el caso de conductos circulares, se deberán tomar en consideración los siguientes puntos, en el diseño de los mismos:

- La longitud del conducto, será, al menos, el doble de su dimensión transversal más pequeña.
- La velocidad del flujo del fluido será menor que 20 m/s (de esta forma se minimiza el ruido en el interior del conducto).

Para evitar fenómenos de resonancia se deberá cumplir que las longitudes de onda de las frecuencias componentes del ruido a amortiguar han de ser mayores que la dimensión transversal más pequeña del conducto, "h", multiplicada por 7.

$$7 \cdot h < \lambda_{f_i} \quad ; \quad f_i < \frac{c}{7 \cdot h}$$

Los amortiguadores de sonidos por absorción tienen un efecto de banda ancha. Subdividiendo transversalmente el conducto absorbente en cámaras separadas, el amortiguador puede ser ajustado a varias frecuencias diferentes.

Amortiguador del ruido "REACTIVO" o de reflexión

El amortiguador "REACTIVO", tiene un principio de actuación en los fenómenos de reflexión y resonancia acústica al paso del ruido por un conducto formado por cámaras de expansión y elementos resonadores.

La eficacia de los mismos depende del número de puntos de reflexión, producidos por discontinuidades en la sección transversal, tales como resonadores puestos en serie o derivación. Es interesante resaltar que como consecuencia de la reflexión se produce una elevación del nivel de ruido delante del silenciador.

Con este tipo de silenciadores, la amortiguación de un ruido de banda ancha se puede obtener poniendo en serie varias unidades.

Este tipo de silenciadores son de tamaño pequeño, no contienen materiales porosos y su resistencia al flujo del fluido es alta.

El valor que nos define las características de atenuación acústica de un amortiguador, de ruidos,

"REACTIVO", es su eficacia de amortiguación (valor de la eficacia de aislamiento):

$$De (dB) = L_o - L_m (dB)$$

L_o = Nivel del ruido en el lado receptor, sin colocar el amortiguador "REACTIVO".

L_m = Nivel del ruido en el lado receptor con el amortiguador "REACTIVO", colocado.

La eficacia del amortiguador "REACTIVO" depende, en alto grado, de la frecuencia, de ahí que el valor de la eficacia de amortiguación sea determinada para cada una de las bandas de frecuencia, independientemente. Dado que su instalación se realiza en una amplia gama de procesos industriales, su eficacia dependerá asimismo de las características de funcionamiento del equipo en que se implante.

Las figuras 8 y 9 nos presentan un esquema y tres tipos de amortiguadores reactivos, de ruido respectivamente.

FIGURA 8

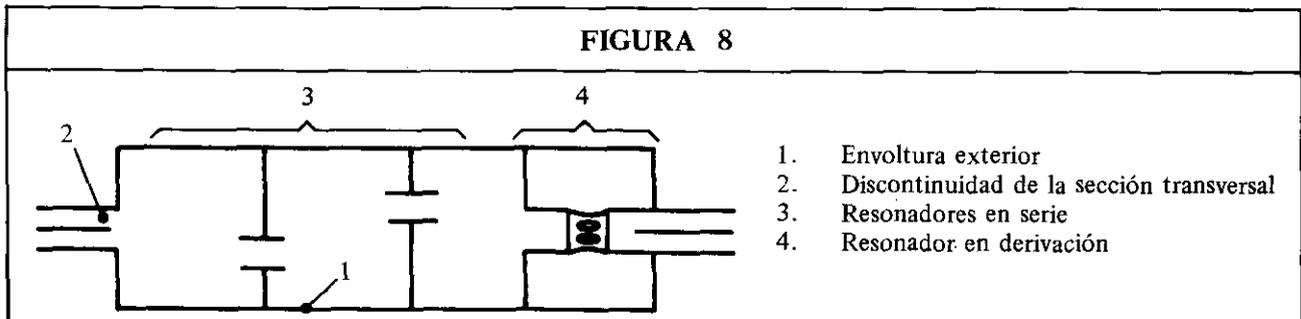
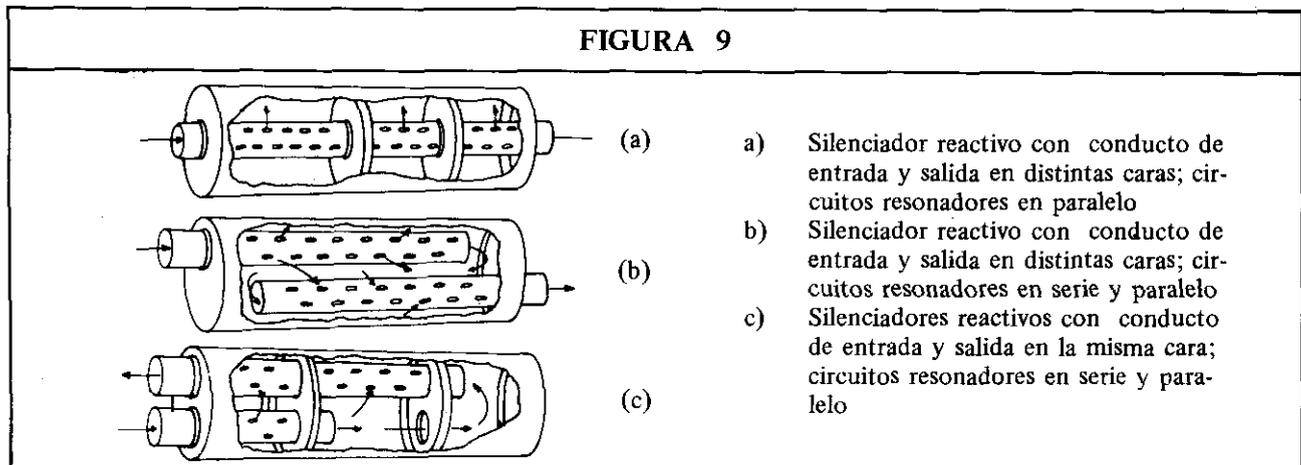


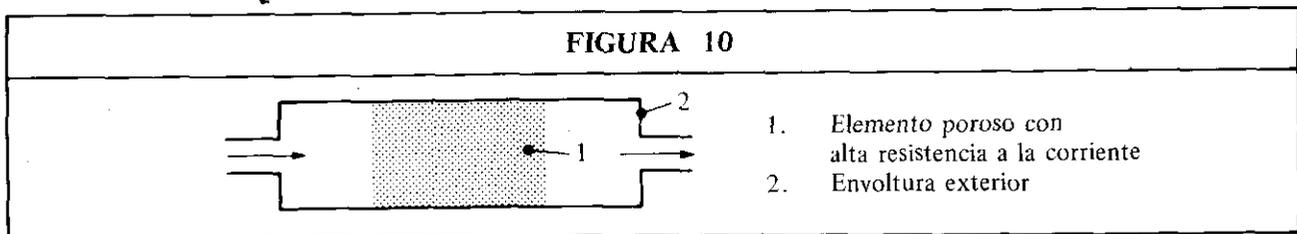
FIGURA 9



Amortiguador de ruidos por reducción

El amortiguador de ruidos por reducción, atenúa la energía sonora por transformación en calor; al contrario que en el caso de los amortiguadores "DISIPATIVOS" se colocan taponando el conducto poroso y la energía

- Las superficies interiores de las pantallas se deberán revestir con materiales de absorción acústica apropiada, p.e. con láminas de lana de vidrio o lana mineral de, aproximadamente, 50 mm de espesor u otros materiales absorbentes; éstos deben estar cubiertos con chapa perforada delgada. La lámina absorbente impide reflexiones



sonora es consumida por pérdidas de fricción.

El efecto atenuante del ruido depende del espesor de la capa penetrada y de su resistencia a la corriente en Ns/m^3 .

Este tipo de amortiguadores de ruido se caracteriza por introducir una elevada pérdida de carga (presión).

La figura 10 nos presenta un esquema de los mismos.

Estos amortiguadores, se emplean, preferentemente, para la eliminación de los ruidos de escape. No ocupan mucho lugar.

Pantallas anti-ruido

Las pantallas anti-ruido encierran parcialmente las fuentes generadoras. Se utilizan en los casos en que no es posible el encapsulamiento de una fuente de ruido por razones tecnológicas, por motivos de problemas de ventilación o por cuestión económica.

La valoración de eficacia de una pantalla anti-ruido se realiza teniendo presente el hecho de que, al contrario que en el encapsulamiento, no se reduce la radiación del ruido desde la fuente, sino que las pantallas actúan variando el sentido de propagación de las ondas sonoras. Para obtener una atenuación positiva del ruido utilizando pantallas anti-ruido, se deben seguir las siguientes especificaciones:

- Apantallar la fuente de ruido en todos sus lados, con pantallas lo más altas posible y próximas a la misma.
- La pantalla deberá ser, al menos, dos o tres veces más alta que cualquiera de las dimensiones de la fuente.

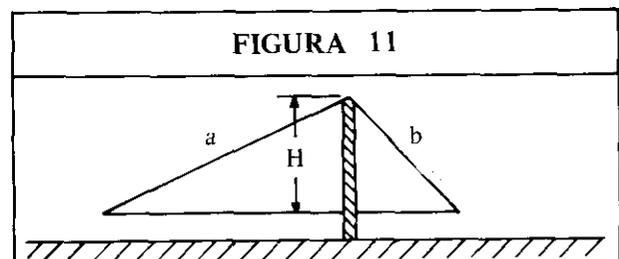
no deseadas que pueden reducir la eficacia de las pantallas o que pueden producir elevaciones del nivel de ruido en otros puntos.

Se puede también mejorar la eficacia de una pantalla, revistiendo el techo del recinto con láminas de material acústico absorbente. El efecto fundamental del apantallamiento del ruido directo, que puede alcanzar una reducción de su nivel, de 10 a 15 dB (A), se ve influenciado asimismo por el lugar, la altura y el tipo de material aislante de que esté constituida la pantalla.

El valor mínimo de apantallamiento, ΔL_z , utilizado para estimar la eficacia de la pantalla, está condicionado por la frecuencia y las posiciones relativas de la fuente de ruido, la pantalla y el receptor; la expresión siguiente nos indica esta relación:

$$\left[\Delta L_z \text{ (dB)} = 10 \lg. \left[1 + \frac{10 H^2}{\lambda} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \right] \right]$$

siendo a y b las distancias entre el borde de la pantalla y el centro de la fuente de ruido y el receptor, H la altura eficiente del borde de la pantalla sobre la línea de conexión de la fuente de sonido y receptor y, λ , la longitud de la onda sonora. (Figura 11).



EJEMPLOS

Colocación de elementos radiadores de ruido

El ruido transmitido por el aire, directamente radiado por un motor, puede verse reforzado por la posible excitación, debida a un ruido no aéreo, de otros elementos que se encuentren unidos rigidamente a la cimentación del motor.

La figura 12 (a) nos muestra como en la emisión del ruido de las máquinas, tal es el caso del ruido transmitido por el aire desde bombas y motores eléctricos, tiene una participación esencial, el ruido transmitido por un cuadro con elementos de control.

La figura 12 (b) nos presenta como se puede obtener una reducción importante del nivel de ruido, separando este panel de la cimentación de la máquina.

Las vibraciones en estructuras compactas producen más ruido que en estructuras de igual tamaño pero compuestas de partes.

La figura 13 (a) nos muestra como las vibraciones generadas por el motor ponen en resonancia una gran superficie metálica que actúa como generador de ruidos.

Mediante la colocación separada de una plancha aislante y utilizando conexiones flexibles [figura 13 (b)], se consigue que se excite una superficie parcial y, que paralelamente, las superficies adyacentes tengan una excitación menor, obteniéndose como resultado final que la radiación total de ruido sea más pequeña.

FIGURA 12

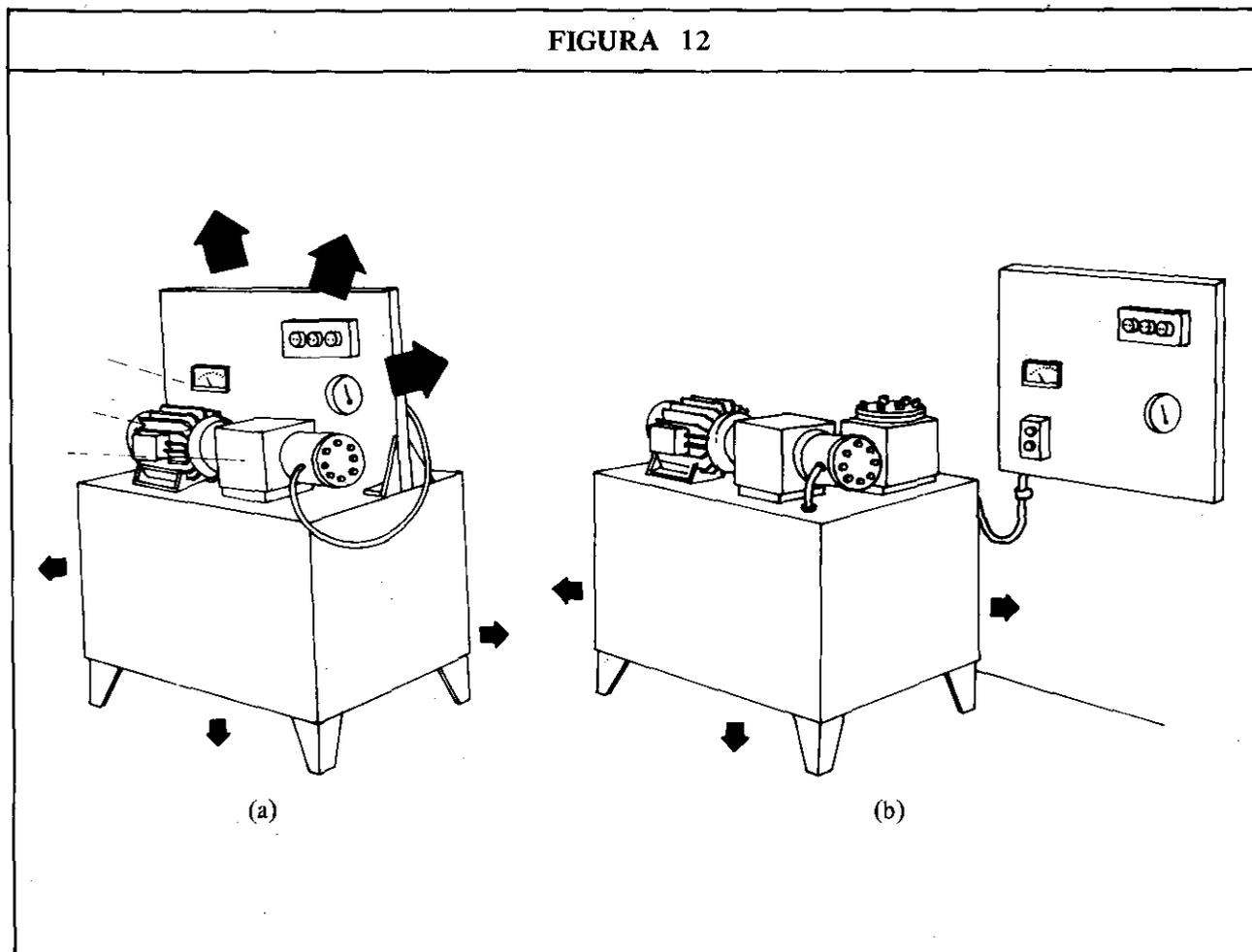
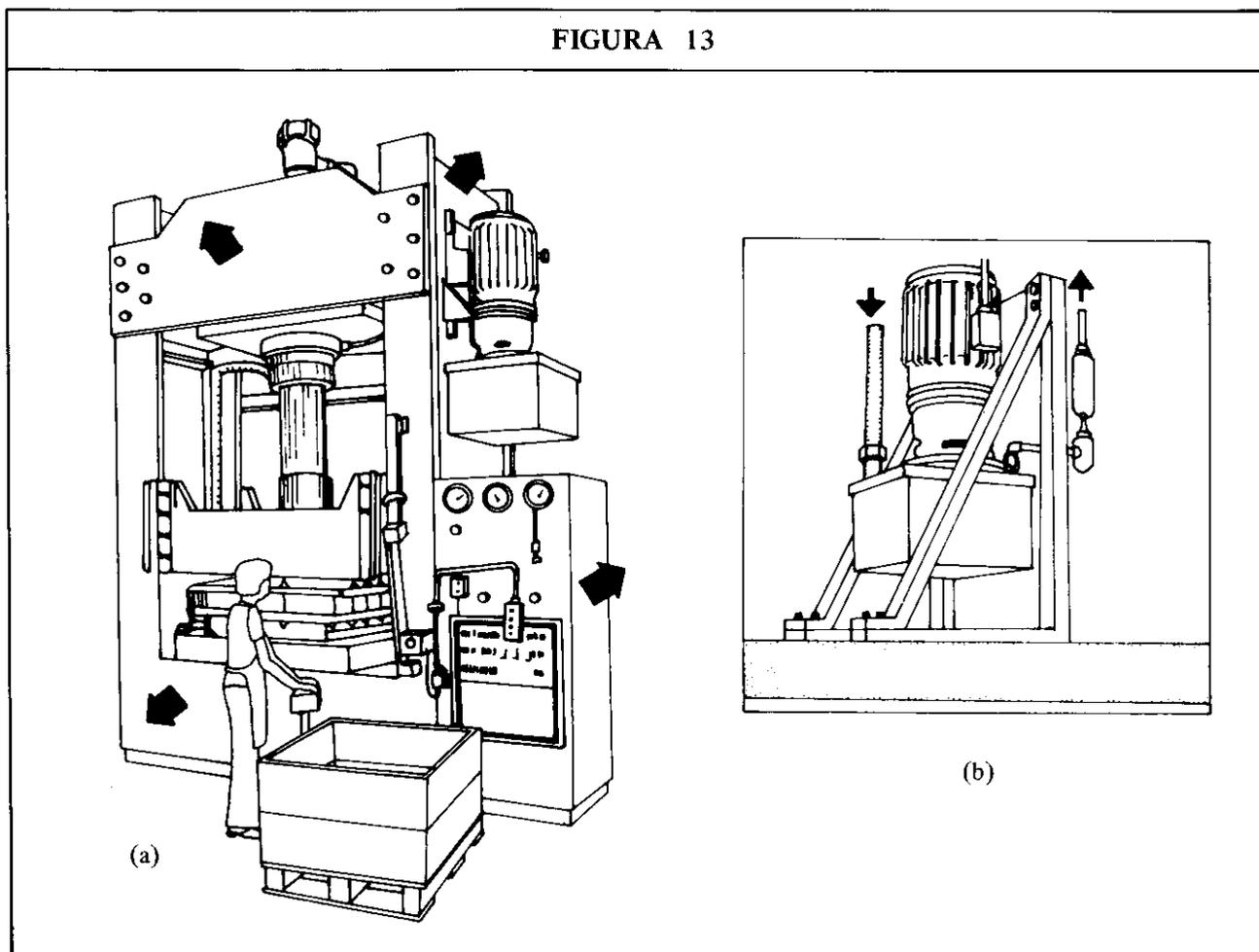


FIGURA 13



Montaje de máquinas

Se consigue una reducción de la transmisión de ruido no aéreo entre dos cuerpos, utilizando un aislamiento apropiado contra las vibraciones.

La figura 14 nos presenta una representación de como se puede efectuar este aislamiento.

Fijando elásticamente el motor con elementos de resorte o de caucho se impide que las vibraciones generadas por la máquina se transmitan en las paredes, causando así una radiación indirecta de sonido hacia los espacios adyacentes.

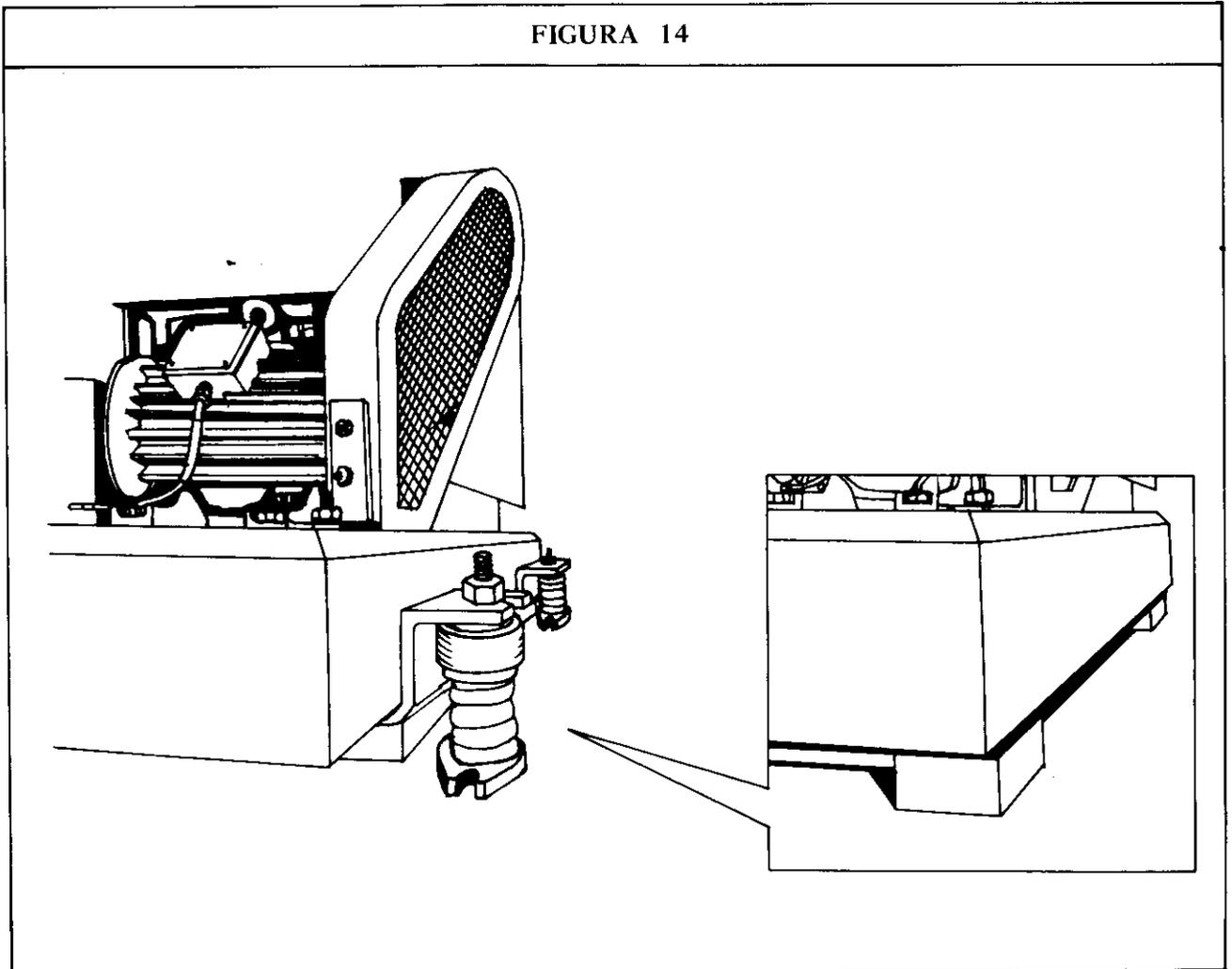
El aislamiento contra las vibraciones será tanto más elevado cuanto más flexible y cargada sea la capa intermedia elástica.

Entre el material que se utiliza para aislar contra las vibraciones se encuentran:

- Materiales rígidos, como corcho y planchas de caucho.
- Materiales blandos, como lana mineral y plásticos celulares.
- Muelles, como los muelles espirales, muelles Belleville, etc.

Para terminar este apartado hay que indicar que las máquinas grandes deben de construirse de tal forma que se puedan montar (con o sin cimentación) con el aislamiento contra las vibraciones apropiado.

FIGURA 14



Reducción de la radiación de ruido

Una forma práctica de eliminar el ruido transmitido por el aire es la utilización de una cubierta protectora contra el mismo [figura 15 (a)]. Tiene como efecto una reducción de ruido y es considerada como medida secundaria de protección.

Dado que la chapa que forme la cubierta puede entrar en resonancia, ésta se puede eliminar reforzándola con un armazón rígido y soldándola al mismo. [Figura 15 (b)].

Asimismo si se forra la cubierta interiormente con un material absorbente del ruido, la radiación del ruido será menor. [Figura 15 (c)].

Apantallamientos

Se pueden limitar fuentes de ruido de altas frecuencias por medio de apantallamientos. Los apantallamientos deben ser colocados a poca distancia de la fuente del ruido o delante del lugar que se desea proteger. Con el fin de evitar reflexiones no deseadas, es necesario, normalmente, proveer la pantalla sonora de material absorbente en el lado que da hacia la fuente de ruido.

Las pantallas sonoras tienen normalmente, sólo un efecto de desvío. Se puede conseguir una reducción efectiva de sonido por una combinación con un techo con elevado grado de absorción acústica.

La figura 16 nos refleja lo indicado.

FIGURA 15

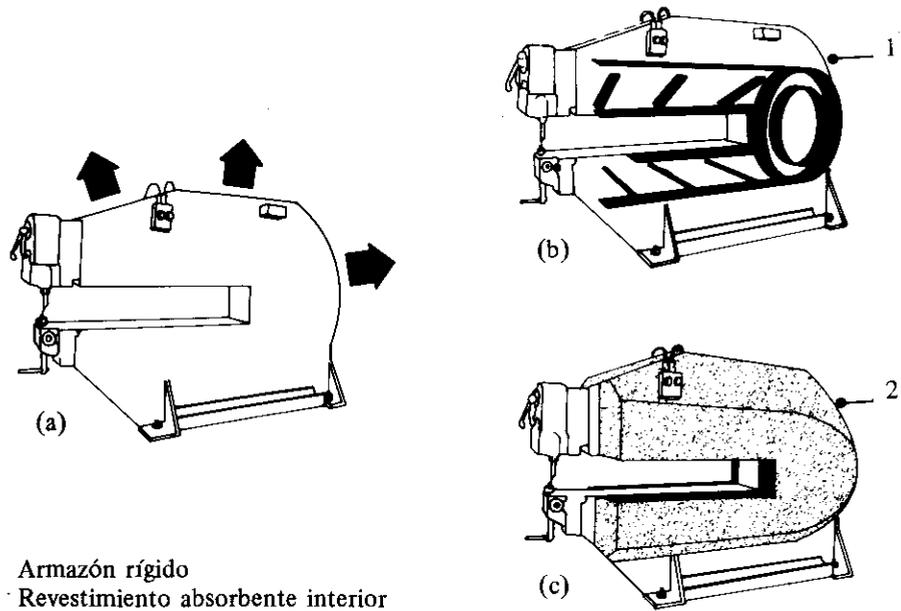


FIGURA 16

