



JORNADAS NACIONALES DE ACUSTICA

Zaragoza, Abril 1989

LOS ESTUDIOS DE HIDROELECTRICA ESPAÑOLA EN MATERIA DE ACUSTICA

Juan José Martínez Requena

DEPARTAMENTO ESTUDIOS DISTRIBUCION - HE, Director de la Revista
Acústica, Miembro del Consejo Rector de la S.E.A.
HIDROELECTRICA ESPAÑOLA, S.A. - Hermsilla, 3 - 28001 MADRID

1. INTRODUCCION

De todos es conocida la nefasta influencia psicofisiológica de los ruidos excesivos que afectan a las personas (alteraciones de los sistemas nerviosos, neurovegetativo y endocrino). Los efectos causados por el ruido en el hombre depende tanto de las características físicas del ruido como de la estructura de su situación personal.

El hecho de que la reacción humana al ruido sea o no patológico, depende de la condición en que se encuentre el cuerpo, de la condición psicológica y de las consecuencias somáticas de la vida del hombre en el mundo.

Todos debemos cooperar en la eliminación de tales ruidos al igual que los efectos de la contaminación del aire o del agua, para conseguir que el medio ambiente que nos circunda sea lo más agradable posible.

La evolución industrial que produce el éxodo rural y favorece el desarrollo urbano conduce a la concentración en espacios reducidos de numerosas fuentes de ruidos, ligados a la actividad industrial y de numerosos individuos que sufren las consecuencias. Las viviendas, último refugio de los individuos, se ven invadidas por los ruidos exteriores e interiores.

Una de las principales directrices del urbanismo actual es el de que la moderna ciudad cree unas condiciones que hagan posible a sus habitantes una agradable vida humana. Uno de sus muchos aspectos es el ruido, y podemos afirmar, que su detención pone en peligro la meta deseada.

H.E.: Hidroeléctrica Española, S.A. conectora de que la evolución creciente del consumo eléctrico conduce no solo a incrementar el número de instalaciones de producción, transporte y distribución dentro de su ámbito territorial, sino también a la diseminación de las fuentes de ruido mecánico, por la multiplicación de las máquinas eléctricas; planifica sus futuras instalaciones de forma que las fuentes de ruido internar no repercutan ni perturben el rumor de fondo exterior.

Desde 1967, Hidroelèctrica Española, S.A., se preocupa del estudio de los problemas de ruido que plantea el diseño, la realización y la explotación de sus instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica y las consecuencias del mismo sobre el ser humano.

2 PRINCIPALES ESTUDIOS EFECTUADOS CON VISTAS A REDUCIR EL RUIDO DE LAS INSTALACIONES

2.1 Efecto del ruido sobre el hombre

La Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo en su artículo 31, Ruido, Vibraciones y Trepidaciones, especifica en su punto 9, lo siguiente: "A partir de los 80 decibelios, y siempre que no se logre la disminución de nivel sonoro por otros procedimientos, se emplearán obligatoriamente dispositivos de protección personal tales como, tapones, cascos, etc., y a partir de los 110 decibelios se extremará tal protección para evitar totalmente las sensaciones dolorosas o graves.

En su artículo 147. Protección de los oídos, dice lo siguiente:

1. Cuando el nivel de ruidos en un puesto o área de trabajo sobrepase el margen de seguridad establecido y, en todo caso, cuando sea superior a 80 decibelios, será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva, sin perjuicio de las medidas generales de aislamiento e insonorización que proceda adoptar.

2. Para los ruidos de muy elevada intensidad, se dotará a los trabajadores que hayan de soportarlos de auriculares con filtro, orejeras de almohadilla, discos o casquetes antirruidos o dispositivos similares.

3. Cuando se sobrepase el dintel de seguridad normal, será obligatorio el uso de tapones contra el ruido, de goma, plástico, cera moldeable, algodón o lana de vidrio.

4. La protección de los pabellones del oído se combinará con la del cráneo y la cara, por los medios previstos en este capítulo.

5. Los elementos de protección auditiva serán siempre de uso individual.

La reglamentación interna de los Servicios de Higiene y Seguridad de Hidroeléctrica Española, S.A. cumple con lo especificado en la citada Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y hasta tal punto Hidroeléctrica Española, S.A. se preocupa por la protección personal que adelantándose en el cumplimiento de la susodicha Ordenanza, asimila lo especificado en la Reglamentación Internacional sobre

dosis de ruido permisible en ambientes industriales, habiendo llegado a las siguientes conclusiones, y sugerencias que son tenidas en cuenta por los responsables de la seguridad en Hidroeléctrica Española, S.A. tanto en la elección adecuada de los protectores y colocación correcta de los mismos como en la elección de dosímetros para el conocimiento del grado de nocividad a la exposición al ruido.

2.1.1 Conclusiones y sugerencias

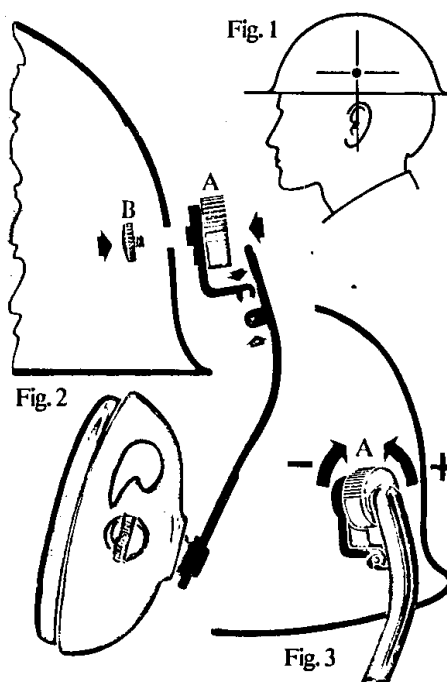
1^a El riesgo de aparición de un deficit auditivo en ambientes industriales con niveles sonoros elevados depende de las dosis de ruido percibido, es decir, de la cantidad de energía sonora que alcanza el oído, a partir de un cierto umbral de nivel sonoro.

2^a La experiencia dice que para niveles ambiente hasta 100 dB basta con utilizar protectores monoaurales de calidad que tengan un buen ajuste, siendo esto suficiente para que las exposiciones al ruido dejen de ser peligrosas.

3^a Para elegir adecuadamente los protectores deberá realizarse un análisis en frecuencia, comparar el espectro obtenido con el criterio escogido de peligrosidad de exposición al ruido y comprobar si con la atenuación proporcionada con los protectores elegidos, la exposición al ruido ha dejado de ser peligrosa.

4^a Para que los protectores realicen su función deberán ajustarse de forma perfecta sobre la cabeza y oídos, introduciendo éstos en la copa del protector, si son insertos deberán ser del tamaño idóneo y encontrarse introducidos de forma adecuada en el conducto auditivo.

5^a Con el fin de paliar los inconvenientes que presenta en la actualidad la colaboración del casco y el protector simultáneamente, sugerimos la utilización del siguiente conjunto casco-protector de la marca BILSON o similar, que representamos a continuación con el detalle del armado y colocación. (Ver figuras 1, 2 y 3).



6^a Para conocer el grado de nocividad a la exposición al ruido, sería de interés utilizar dosímetros personales como el que recogemos a continuación de la marca Brüel and Kjaer, tipo 4425 o similar, que además, puede adaptarse al conjunto casco-protector indicado en el punto anterior. Ver figura 4 y 5.

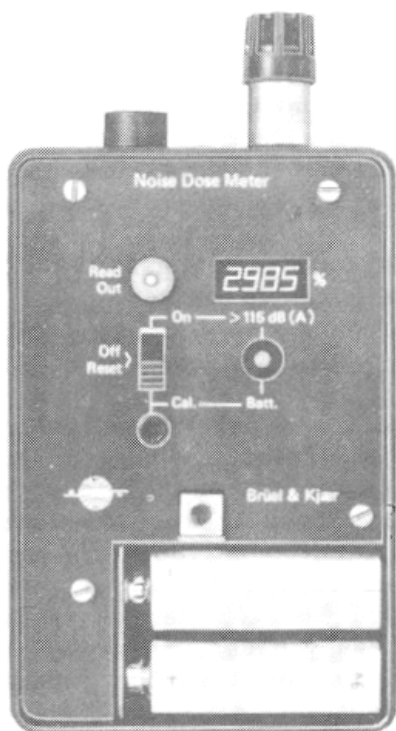


Figura 4. Dosímetro personal
Brüel and Kjaer,
tipo 4425.



Figura 5. Dosímetro en
funcionamiento
adaptado al -
conjunto casco-
protector.

Antes de la puesta en servicio de una instalación en colaboración con el Departamento de Acústica del Instituto "Leonardo Torres Quevedo", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, se localiza e identifica la existencia de cualquier fuente nociva, determinando cual será la contribución a incrementar el ruido de fondo.

2.2 Metodología general de lucha contra el ruido

2.2.1 Ubicación

Medidas previas de niveles sonoros en las zonas a ocupar, nos alertan sobre los niveles límites a tener en cuenta y a estudiar adecuadamente en los diferentes proyectos de ubicación de las fuentes de ruido producidas por las máquinas.

2.2.2 Ingeniería acústica

Elegido el lugar y definido el tipo de apartamento a utilizar, el estudio de instalación sobre plano, se denomina de Ingeniería Acústi-

ca, en el Anexo I, se relacionan los diferentes niveles de potencia acústica de las fuentes a tomar en consideración.

2.2.3 Conocimiento de las fuentes

Lo primero que hay que realizar es la medida de niveles de presión sonora de las diferentes fuentes, con lo que conoceremos los picos de ruido del espectro en frecuencias y con ello poder abordar el control adecuado de las mismas.

2.3 Estudio de los dispositivos de insonorización

Si el nivel detectado de una fuente sonora es prohibitivo, se recurre a la instalación de silenciosos, recubrimientos absorbentes, silenciadores de relajación, etc.

Desde 1970, Hidroeléctrica Española, S.A., ha realizado diferentes tratamientos en Centrales Generadoras (véase Anexo II) en Estaciones, Subestaciones (véase Anexo III), y en Centros de Transformación (véase Anexo IV) a base de pantallas curvilíneas absorbentes, con fijación elástica, relleno de lana mineral y protección de chapa perforada, otras veces se han utilizado mamparas absorbentes y flotantes en las entradas y salidas de aire se han montado silencioso y filtros atenuadores.

El servicio de Seguridad de Hidroeléctrica Española, S.A. realiza audiometrías sobre diferentes grupos de operarios expuestos a diferentes niveles de ruido.

El análisis de las quejas o reclamaciones motivadas por niveles sonoros molestos han llegado a reducir el nivel con los tratamientos adecuados que oscilan de los 55 dB (A) en Salas de vigilancia y control a 70 dB(A) en los lugares de trabajo más desfavorables.

En lo que se refiere al vecindario, Hidroeléctrica Española, toma como base de niveles sonoros aceptables los especificados en la Ordenanza Municipal, sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones del Excmo Ayuntamiento de Madrid, que representamos en las figuras 6 a y 6 b, donde se indican los límites de ruido máximos admisibles en el interior y en el exterior de las viviendas, según el tipo de zona a lo largo de las 24 horas del día, y que son los siguientes:

| SITUACION ACTIVIDAD | NIVELES MAXIMOS EN dBA | |
|---|---------------------------|-------|
| | DIA | NOCHE |
| Zona con equipamiento sanitario | 45 | 35 |
| Zona con residencia, servicios terciarios no comerciales o equipamientos no sanitarios | 55 | 45 |
| Zona con actividades comerciales | 65 | 55 |
| Zonas con actividades industriales o servicios urbanos excepto servicios de la administración | 70 | 55 |

Se entiende por día, al período comprendido entre las 8 y 22 horas, excepto en zonas sanitarias que será entre 8 y 21 horas, el resto de las horas del total de 24, integrarán el período de noche.

2. En aquellas vías en que el tráfico cause elevación del nivel sonoro ambiental, a la hora de realizar mediciones se debe tener muy en cuenta lo indicado en el Anexo II-3. esta misma sistemática se aplicará para transmisión de niveles sonoros a interiores.

3. Por razones de la organización de actos con especial proyección oficial, cultural, religiosa o de naturaleza análoga, el Ayuntamiento podrá adoptar las medidas necesarias para modificar con carácter temporal, en las vías o sectores afectados los niveles señalados en el párrafo primero.

Sección 3ª Niveles en el ambiente interior

título 91. 1 Para los establecimientos o actividades que se citan en este párrafo, el nivel de los ruidos transmitidos a ellas desde el exterior de los mismos, con excepción de los originados por el tráfico, no superarán los límites siguientes:

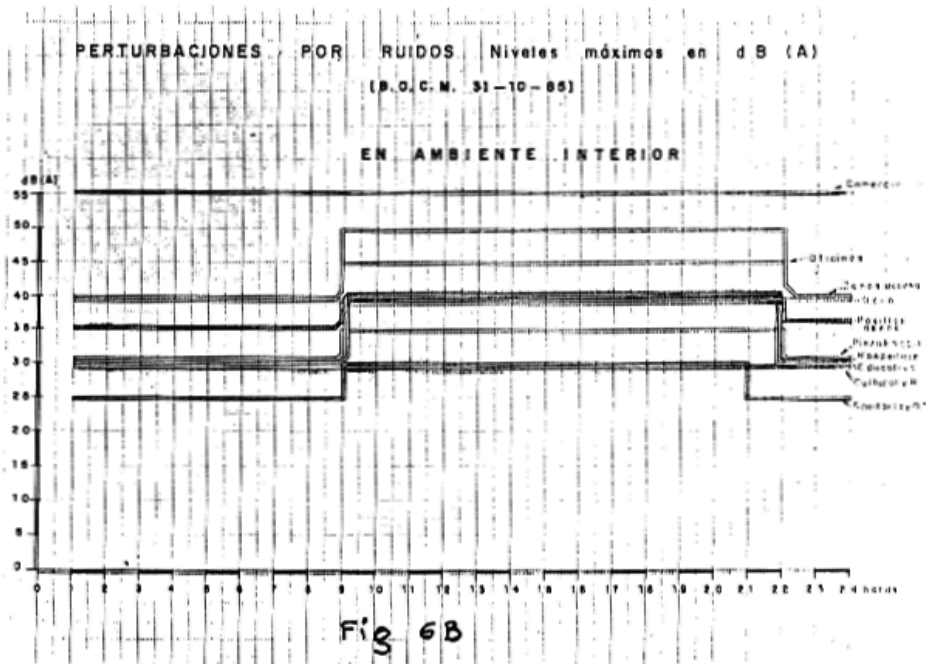
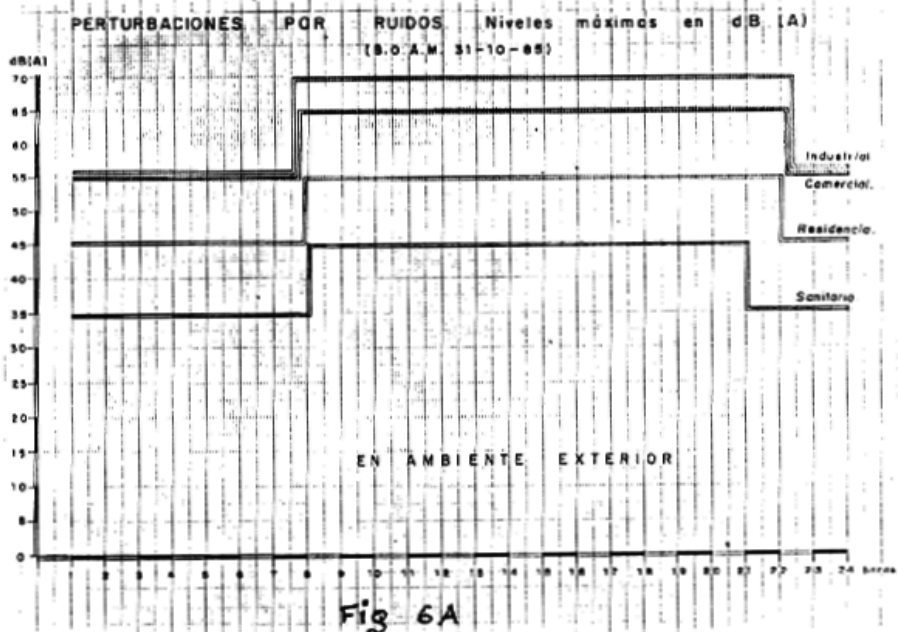
| | | (dBA) | |
|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|
| | | DIA | NOCHE |
| Equipamiento. | Sanitario y bienestar social | 30 | 25 |
| | Cultural y religioso | 30 | 30 |
| | Educativo | 40 | 30 |
| | Para el ocio | 40 | 40 |
| Servicios. Comercios | Hospedaje | 40 | 30 |
| | Oficinas | 45 | - |
| | Comercio | 55 | 55 |
| Residencial. | Piezas habitables, excepto cocinas | 35 | 30 |
| | Pasillos, aseos y cocinas | 40 | 35 |
| | Zonas de acceso común | 50 | 40 |

2. Los niveles anteriores se aplicarán asimismo a los establecimientos abiertos al público no mencionados, atendiendo a razones de alogía funcional o de equivalente necesidad de protección acústica.

3. Los titulares de las actividades estarán obligados a la adopción de las medidas de aislamiento y acondicionamiento necesarias para evitar que el nivel de ruido de fondo existente en ellos perturbe el adecuado desarrollo de las mismas y ocasione molestias a los asistentes.

4. Asimismo, se prohíbe la transmisión desde el interior de recintos al exterior de niveles sonoros que superen los indicados en el artículo 89 y al interior de los locales colindantes de niveles sonoros superiores a los indicados en el número 1 anteriores.

5. Se prohíbe el trabajo nocturno, a partir de las 23 horas, en los establecimientos ubicados en edificios de viviendas o colindantes con ellas, cuando el nivel sonoro transmitido a aquellas exceda los límites indicados en este artículo.



2.4 Estudios de la reducción del ruido en la fuente

Los estudios que se han realizado, han sido por orden de importancia sobre las siguientes fuentes sonoras:

- . Transformadores
- . Ventiladores helicoidales
- . Grupos turboalternadores
- . Motores eléctricos
- . Instalaciones aire acondicionado

En centrales térmicas se han estudiado también plantas de motobombas y turbobombas, sala de compresores, escapes de desaireador, etc.

Se han controlado especialmente los transformadores distribuidores de potencia, habiéndose exigido al fabricante los siguientes niveles de ruido máximo admisible en función de la potencia:

TABLA I

NIVELES DE RUIDO MÁXIMOS ADMISIBLES PARA TRANSFORMADORES
DE POTENCIA, EN HIDROELECTRICA ESPAÑOLA, S.A.

| POTENCIA NOMINAL | | NIVEL DE RUIDO MÁXIMO ADMISIBLE |
|------------------|---------|------------------------------------|
| kVA | | dB (A) |
| 0 -- | 50 | 48 |
| 51 -- | 100 | 51 |
| 101 -- | 300 | 55 |
| 301 -- | 500 | 56 |
| | 700 | 57 |
| | 1.000 | 58 |
| | 1.500 | 60 |
| | 2.000 | 61 |
| | 2.500 | 62 |
| | 3.000 | 63 |
| | 4.000 | 64 |
| | 5.000 | 65 |
| | 6.000 | 66 |
| | 7.500 | 67 |
| | 10.000 | 68 |
| | 12.500 | 69 |
| | 15.000 | 70 |
| | 20.000 | 71 |
| | 25.000 | 72 |
| | 30.000 | 73 |
| | 40.000 | 73 |
| | 50.000 | 75 |
| | 60.000 | 76 |
| | 80.000 | 77 |
| | 100.000 | 78 |

3. Auscultación Acústica

Así se denomina el conjunto de los procedimientos que permiten a partir de las medidas acústicas y de vibración, efectuar un diagnóstico sobre el estado mecánico de una máquina, vigilancia con vistas a detectar una avería, o para conocer el desgaste en el tiempo de la máquina.

4. Medios del Departamento

Todo lo realizado en el campo de la acústica en Hidroeléctrica Española, S.A., ha podido llevarse a cabo por la nueva disposición de la Dirección a los problemas de nocividad presentados y a haber creado dentro del Departamento de Estudios Distribución un pequeño grupo entusiasta que junto con el personal de los laboratorios, y a la íntima colaboración con la división de Acústica del Instituto "Leonardo Torres Quevedo", dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, han logrado importantes actividades y realizaciones.

Se dispone de una extensa bibliografía y publicaciones sobre la materia nacionales y extranjeras.

5. Conclusiones

El conjunto de los trabajos realizados, ha permitido reducir o limitar los niveles sonoros a los que nuestro personal puede verse afectado durante su actividad profesional.

Igualmente se ha tratado de minimizar las molestias ocasionadas al vecindario realizando los tratamientos acústicos adecuados.

De todo lo expuesto, podemos decir que en la mayoría de los casos se han conseguido realizaciones satisfactorias sobre todo cuando los posibles problemas acústicos se han considerado en los anteproyectos de las instalaciones habiendo resultado los tratamientos acústicos más baratos y efectivos que si se han tenido que realizar una vez hechas las instalaciones.

ANEXO I

Fuentes de ruido, instalación de producción, transporte y distribución de electricidad:

Instalaciones de producción

| FUENTE DE RUIDO | NIVEL DE POTENCIA ACUSTICA d B (A) |
|--|---------------------------------------|
| - Válvulas de seguridad y purgas de vapor..... | 160 |
| - Ventiladores de soplado o de tiro..... | 130 - 140 |
| - Grupos turboalternadores..... | 120 |
| - Transformadores de potencia | 100 - 115 |
| - Bombas de circulación..... | 100 |
| - Diesels de punta. Turbinas de gas..... | 125 a 160 |
| - Bombas de circulación..... | 100 |
| <hr/> | |
| - Bombas de alimentación..... | 100 |
| - Sobrecompresores, compresores..... | 105 |
| - Válvulas, circulación de vapor..... | 105 |
| - Motores Diesel de emergencia..... | 120 |
| - Turbina hidráulica de 44 MW..... | 110 |

Instalaciones de Transporte

| FUENTES DE RUIDO | NIVEL DE POTENCIA ACUSTICA dB (A) |
|--|--------------------------------------|
| Niveles de ruido de efluvios en línea de 400 kV | 45 dB a 15 m |
| Transformadores | 77 a 107 |
| Compensadores síncronos | 80 a 100 |
| Interruptor tripolar 220 kV (8000 MVA).. | 127 a 3 m |
| Interruptor tripolar 110 kV (2500 MVA).. | 127 a 2 m |

Aparte de los reseñados, los interruptores automáticos provocan ondas de choque de nivel elevado, pero breves.

Instalaciones de distribución en viviendas

| FUENTES DE RUIDO | | NIVEL DE POTENCIA ACUSTICA dB (A) |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Transformadores de | 0 - 50 | 48 |
| " | " 51 - 100 | 51 |
| " | " 101 - 300 | 55 |
| " | " 301 - 500 | 56 |
| " | " 700 | 57 |
| " | " 1.000 | 58 |

ANEXO II

Tratamiento acústico de la "Central Térmica de Castellón", de Hidroeléctrica Española, S.A.

Recogemos a continuación la solución más viable del tratamiento acústico que a nuestro juicio debe realizarse en la "Central Térmica de Castellón". Hemos polarizado nuestra atención sobre las fuentes sonoras que principalmente polucionan el medio ambiente y que son las siguientes: Ventiladores de tiro forzado, grupos turboalternadores, quemadores, desaireadores, motobombas, etc.

ESPECIFICACIONES DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

1. Especificación para la insonorización de ventiladores de tiro forzado

1.1 Cabinas aislantes

Las cabinas aislantes deberán de ser metálicas con un acabado en chapa lisa de acero e incluir los refuerzos estructurales adecuados.

El material absorbente deberá de ser incombustible, inerte y resistente al moho.

Las cabinas incluirán un diafragma para separar los flujos de aire de cada ventilador.

La instalación de las cabinas sobre el suelo se hará de una forma estanca para evitar la transmisión de ruido por las uniones.

Se estudiarán aquellas superficies de la cabina que deban ser desmontables para el mantenimiento y sustitución de los elementos del ventilador.

El aislamiento medio de esta cabina deberá ser del orden de 40 dB.

1.2 Silenciadores

La aspiración del aire a los ventiladores de tiro forzado se hará a través de silenciadores de absorción.

Estos silenciadores constituirán una unidad independiente de las cabinas a las que se ensamblarán por medio de perfiles y tornillos.

Todos los materiales utilizados en los silenciadores deberán de estar libres de polvo o partículas extrañas, siendo necesario proteger el material absorbente al desprendimiento de partículas o fibras.

La chapa de acero utilizada en los silenciadores deberá de ser galvanizada.

Las dimensiones de los silenciadores y la geometría de los elementos absorbentes acústicos, se proyectarán para obtener una reducción de ruido del orden de 30 dB, compatible con la pérdida de carga admisible por los ventiladores.

1.3 Estructura soporte y cimentación

Para la cabina aislante y los silenciadores se diseñará la correspondiente estructura soporte, así como la cimentación perimetral. En estos cálculos se tendrá en cuenta la velocidad máxima del viento en la zona y la caída de presión en los ventiladores.

2. Silenciador para escapes desaireador

2.1 Características generales

La reducción de ruido en este tipo de silenciadores se realiza por la expansión del flujo de gas en el silenciador, así como en el paso a través de secciones progresivamente mayores, reduciendo la velocidad de salida del gas. Las partes absorbentes del silenciador deben de ser cuidadosamente tratadas, así como las cámaras de reflexión para obtener una atenuación óptima en una banda de frecuencias amplia.

El silenciador será de forma cilíndrica, con fondos abombados, con el fin de conseguir una gran estabilidad mecánica. El material absorbente debe ser incombustible y estar especialmente protegido al paso del flujo de gas por medio de chapa perforada (véase la figura 1).

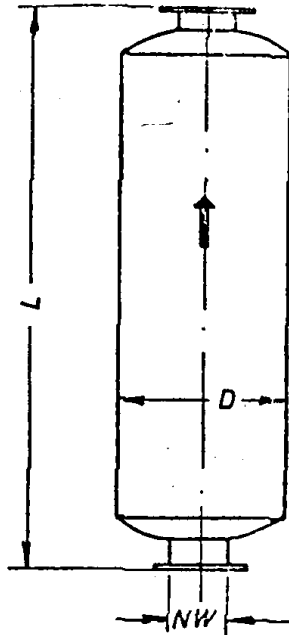


Fig. 1 - Silenciador para escapes desaireador.

La boca de entrada debe ir provista de una brida soldada y normalizada que dependerá de la presión y temperatura del fluido antes de la entrada del silenciador.

El silenciador, si es posible, se montará en posición vertical en el extremo de la válvula o tubería de escape.

El material absorbente acústico constituye el mismo tiempo incluso a altas temperaturas, un aislamiento suficiente para la alta radiación térmica.

2.2 Especificaciones necesarias para su elección

Deberán detallarse las siguientes especificaciones:

- . Caudal de salida.
- . Presión de entrada en el silenciador o en la válvula de escape.
- . Temperatura del fluido.
- . de la tubería de escape antes del silenciador o de la válvula de escape.
- . Descripción o esquema del silenciador cuando éste ha de tener forma especial.

2.3 Atenuación

La atenuación aproximada: 40 dB, en el margen de frecuencias perturbadoras. Se ajustan estas fuertes reducciones de niveles sonoros a las exigencias de la normativa vigente al reducir los intensos ruidos procedentes de la salida de escape de gases.

3. Recintos acondicionados acústicamente

Estos recintos serán cabinas del tipo mono-bloque, en acabado de chapa de acero galvanizado y tratamiento absorbente en el interior (véase figura 2). Las cabinas serán instaladas sobre grandes amortiguadores para evitar posibles transmisiones de vibraciones estructurales.

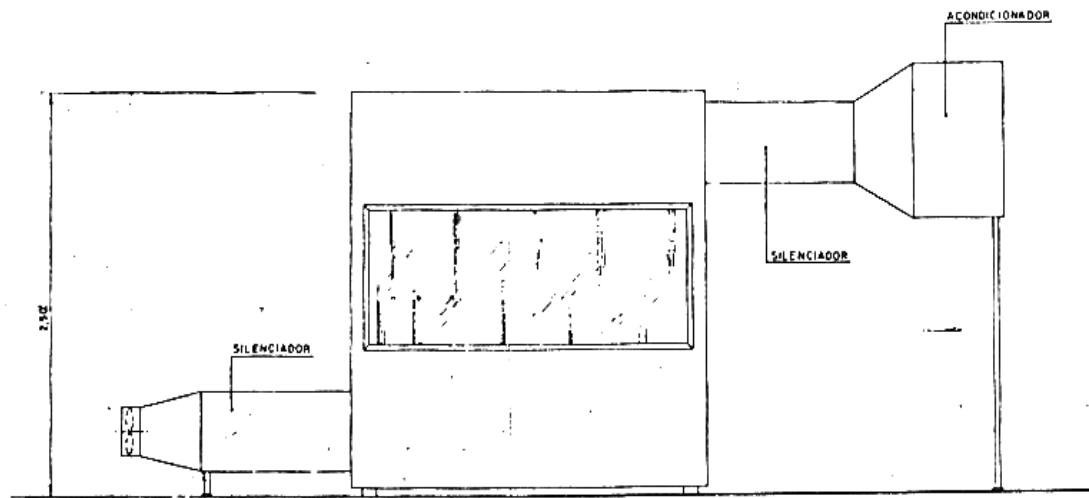
En la parte superior del suelo se instalará una moqueta antiresonante. El techo de la cabina servirá de soporte para la instalación de un techo suspendido que incluya la iluminación precisa.

Las puertas de entrada serán de características análogas al resto de la cabina, con cierres de tipo de presión.

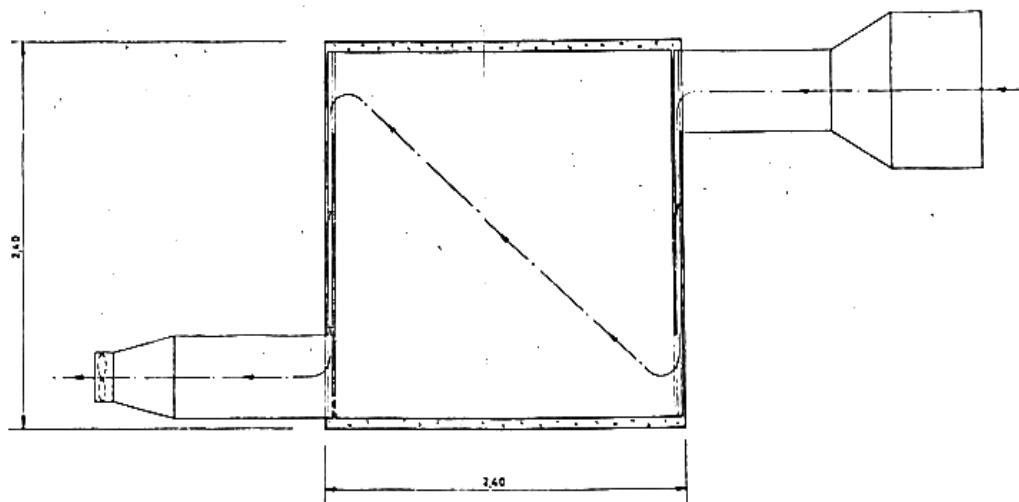
Para dotar a la cabina de una gran visibilidad se instalará un doble acristalamiento sobre marco independiente, con juntas estancas flotantes.

Las cabinas irán dotadas de conductos de ventilación tratados acústicamente.

El aislamiento medio de esta cabina será del orden de 30 dB.



ALZADO



PLANTA

Figura 2-

| | |
|---------------------|-----------------|
| CABINA INSONORIZADA | Escalas 1:20 |
|---------------------|-----------------|

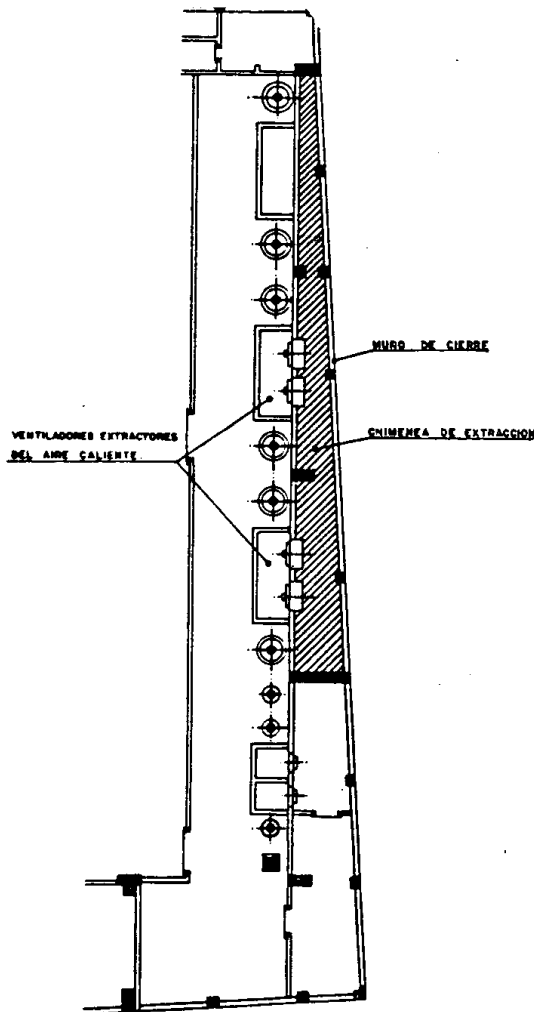
ANEXO III

TRATAMIENTOS ACUSTICOS EN ESTACIONES Y SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS

Se presentan los tratamientos acústicos de la Estación transformadora de Argüelles y de la Subestación transformadora de Ayala en Madrid.

E.T. Argüelles

La E.T. Argüelles una vez construida se vió que producian perturbaciones en el vecindario, los ventiladores extractores del aire caliente de los transformadores agravados por la reflexión del flujo de aire en el muro de cierre de la estación (véase figura 1).



En esta E.T. se ha colocado una mampara acústica absorbente y flotante, de unos 1000 m² (ver figura 2), con protección de chapa metálica perforada sintonizada a la frecuencia de 25 Hz y unida al filtro atenuador (TROX/R-20) de salida situado en la terraza de la E.T. (Ver figura 3).

En la Pared opuesta y paralela a la anterior, se ha realizado un tratamiento similar con el fin de aumentar la atenuación habiéndose conseguido que el ruido no sobrepase los límites admisibles.

Fig. 1.- Sección de la chimenea de extracción del aire caliente a la altura del eje de los ventiladores en la E.T. Argüelles.

E.T. ARGUELLES

SECCION A-B

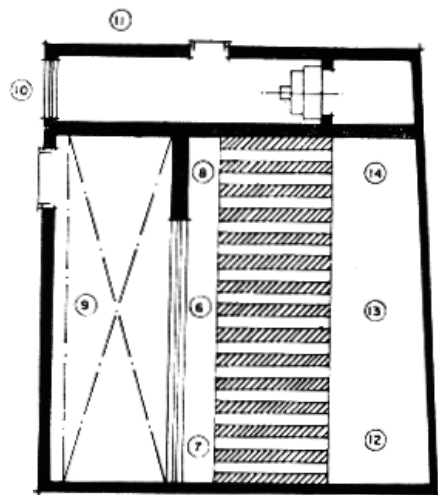
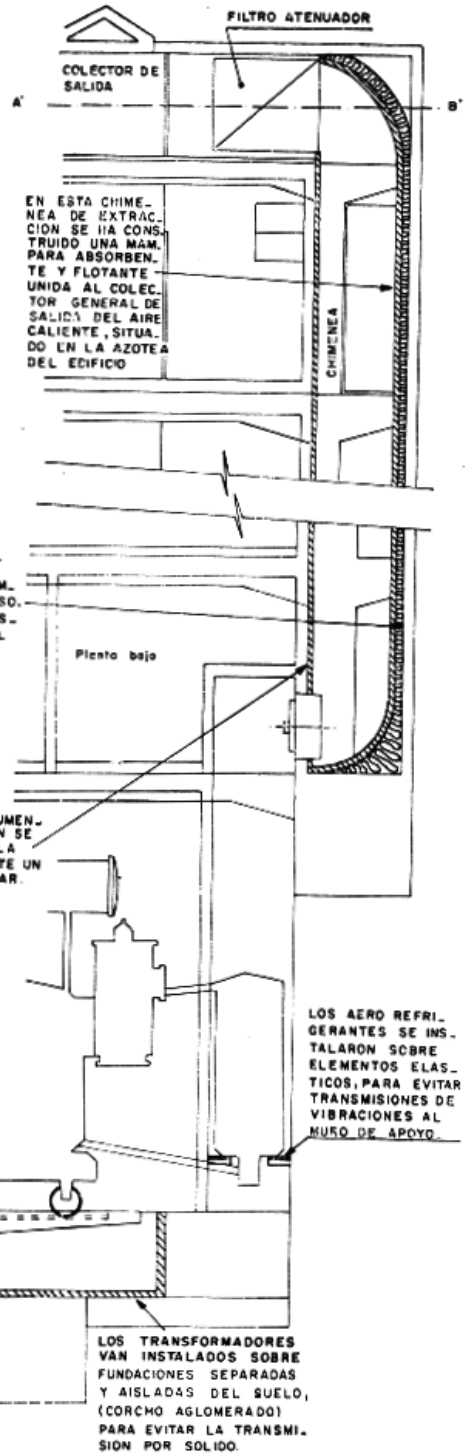
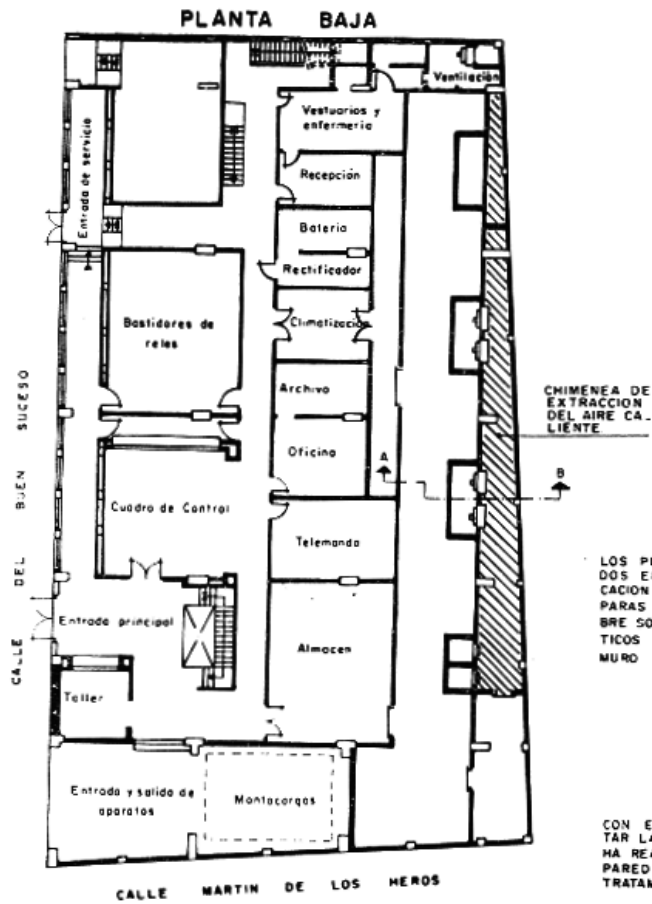


Fig 3 - CORTE A'-B' DEL FILTRO ATENUADOR "TROX-R20"

Fig 2

Las principales molestias eran producidas por los transformadores y ventiladores de refrigeración, transmitidos al exterior por las entradas y salidas de aireación y a través del muro contiguo con la finca n° 29 de la calle de Serrano (véase figura 4).

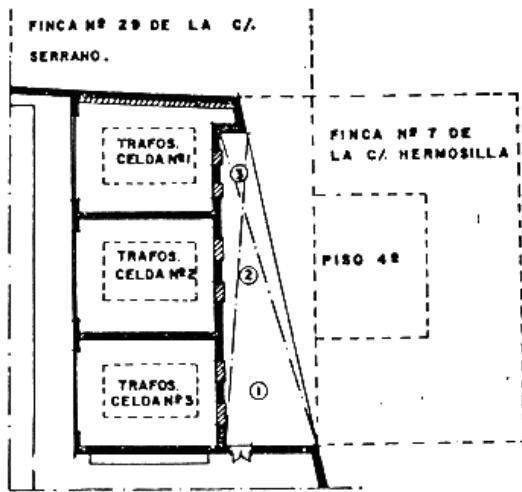


Fig. 4 Situación de los transformadores y puntos de medición de los niveles sonoros.

En esta S.T. se han realizado tratamientos acústicos a base de acolchados de fibra en las paredes de las celdas, así como recubrimientos con losetas de fibra de vidrio bajo la cubierta (véase figura 5).

En las entradas de aire frío se han colocado "silenciosos" de absorción (véase fig. 6), y en las salidas de aire caliente sobre el tejado una pantalla curvilínea absorbente gigante con una fijación elástica sobre una banda de caucho semiduro (véase figura 7).

La pantalla lleva un relleno de lana mineral y una protección de chapa perforada.

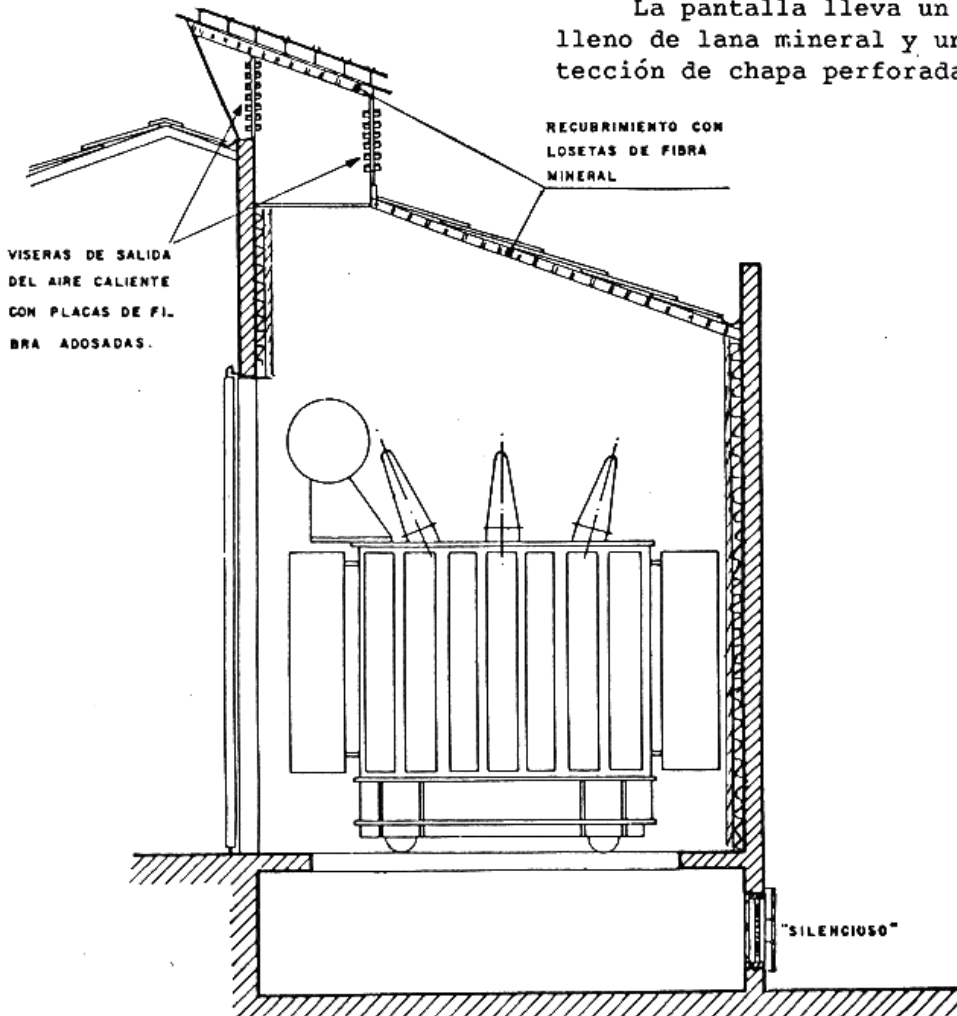


Fig. 5.- Recubrimiento con losetas de fibra mineral bajo la cubierta de las celdas de transformadores.

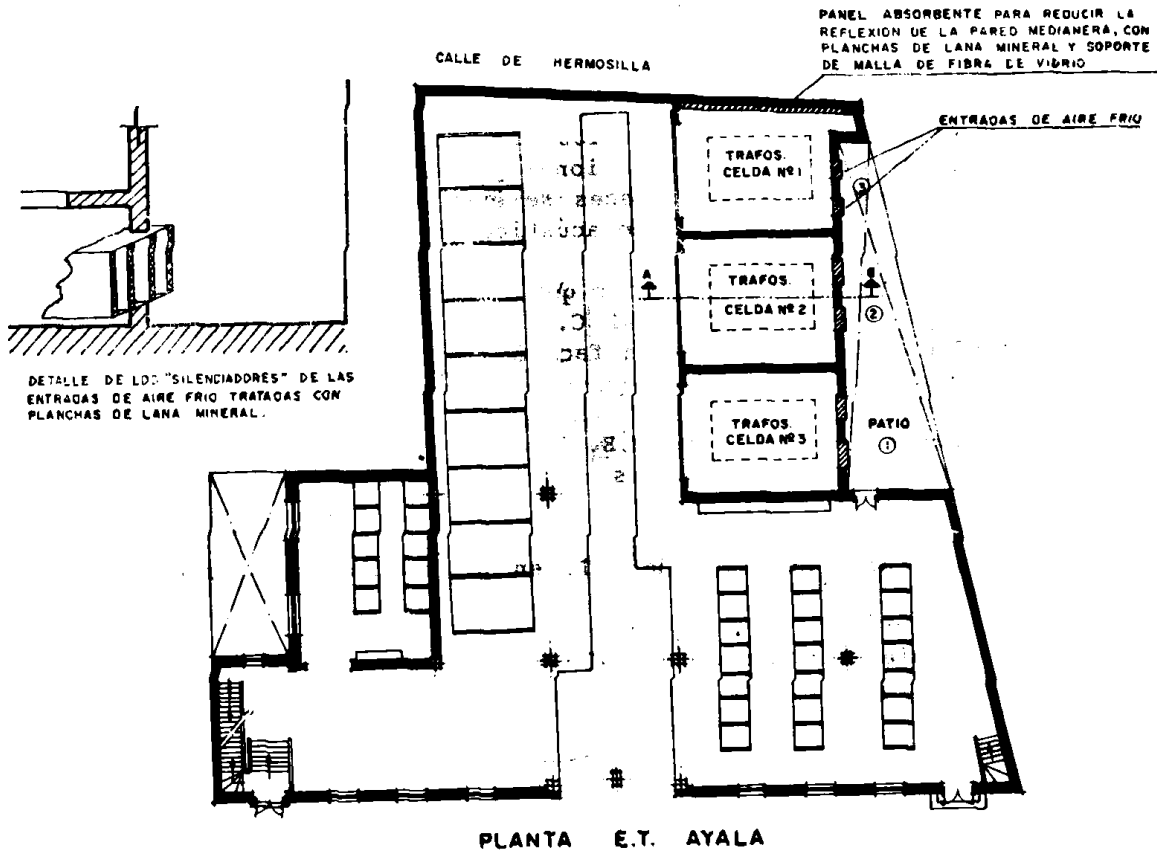


Fig 6

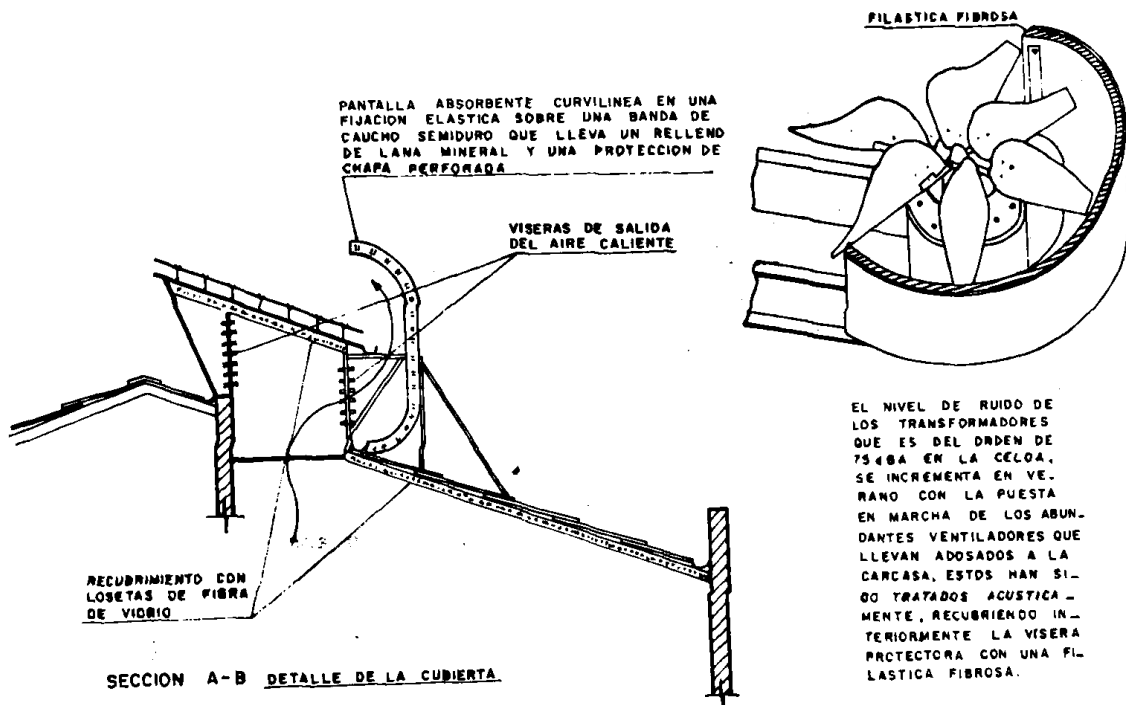


Fig 7

ANEXO IV
TRATAMIENTOS ACUSTICOS EN CENTROS DE TRANSFORMACION

Ruido radiado por los centros de transformación

Los C.T. urbanos sobre todo los ubicados en los edificios de viviendas son los que más preocupaciones plantean a la empresa eléctrica, ya que la mayoría de las veces se encuentran en contacto con las habitaciones y sin el tratamiento acústico arquitectónico adecuado.

Estadísticamente podemos decir que el mayor número de quejas proviene de inquilinos contiguos al C.T. cuya vivienda se encuentra en zonas ajardinadas, viviendas con fachadas a calles sin tráfico en las que el ruido de fondo es bajo.

Los servicios técnicos de H.E. han considerado las siguientes soluciones acústico-arquitectónicas que han resuelto satisfactoriamente los problemas planteados:

- A) Tratamiento acústico de C.T. en las condiciones más desfavorables.
- B) Tratamiento acústico de C.T. con niveles de ruido entre 10 y 15 dB (A) sobre el máximo admisible.
- C) Tratamiento acústico de C.T. con niveles de ruido inferiores a 10 dB (A) sobre el máximo admisible.

A. Tratamiento acústico de C.T. en las condiciones más desfavorables

Es el caso de aislamiento total. A veces no es preciso el tratamiento del suelo bastando con colocar elementos antivibratorios bajo el transformador. Véase la figura 1 siguiente:

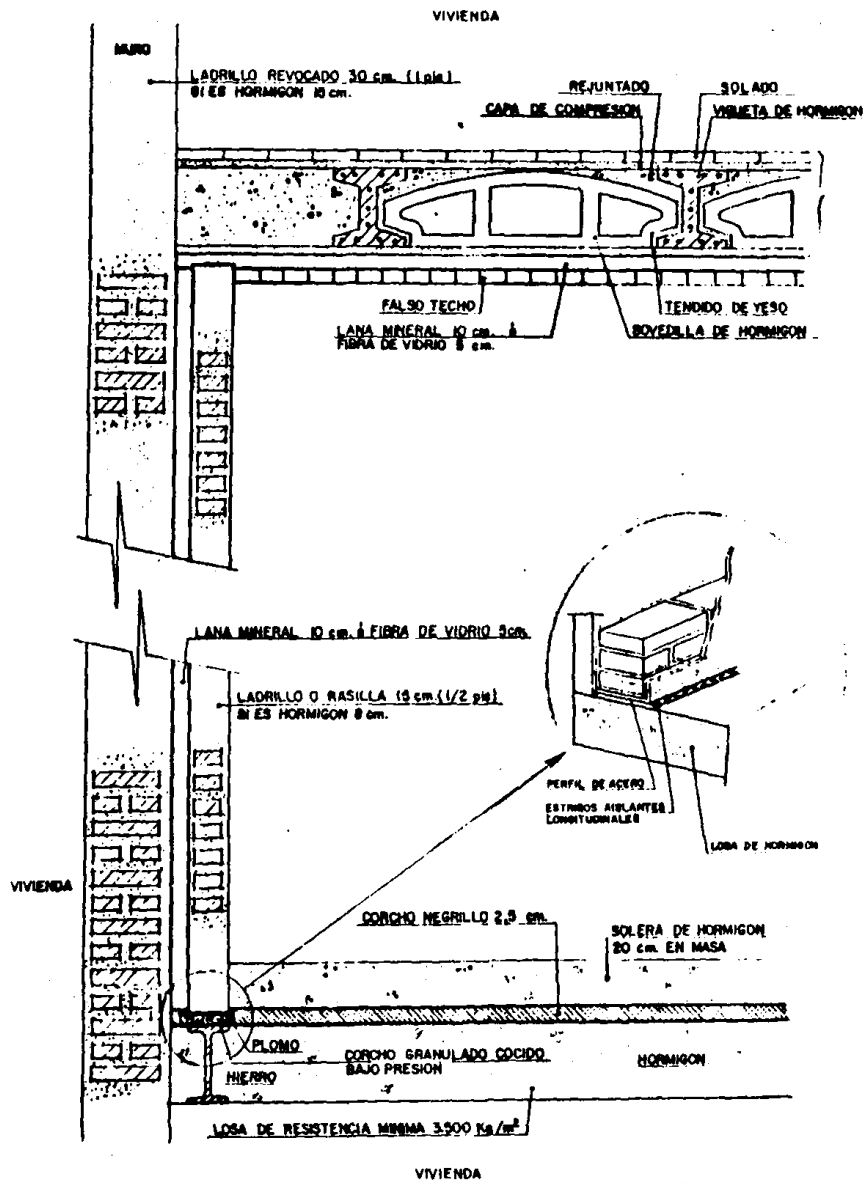


Figura 1.- Tratamiento acústico en un C.T. en las condiciones más desfavorables.

B. Tratamiento acústico de C.T. con niveles de ruido entre 10 y 15 dB (A) sobre el máximo admisible. (Véase la figura 2).

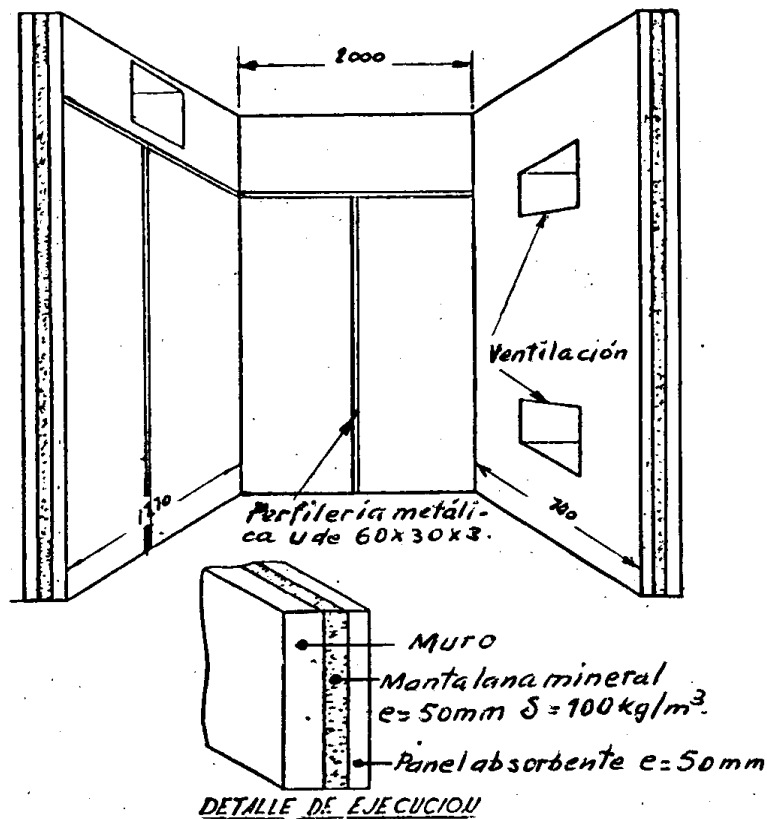


Figura 2.- Vista del tratamiento interno de las celdas de transformadores.

En este caso se recubre puerta y techo y se intercalan silenciosos en las entradas de aire frío y salidas de aire caliente.

ENSAYOS SOBRE UN MODELO DE SILENCIOSO

Se ha diseñado un modelo de silencioso cuya atenuación al ruido aéreo ha sido medida por el CIF "Leonardo Torres Quevedo" colocándolo en la pared separadora de las cámaras emisora y receptora. Véase la fig 3, utilizando como ruido de ensayo bandas de ruido blanco de 10 Hz de ancho de banda de 40 Hz a 80 Hz, de 30 Hz de ancho de banda de 80 a 125 Hz y de 100 Hz de ancho de banda de 125 Hz a 1 KHz.

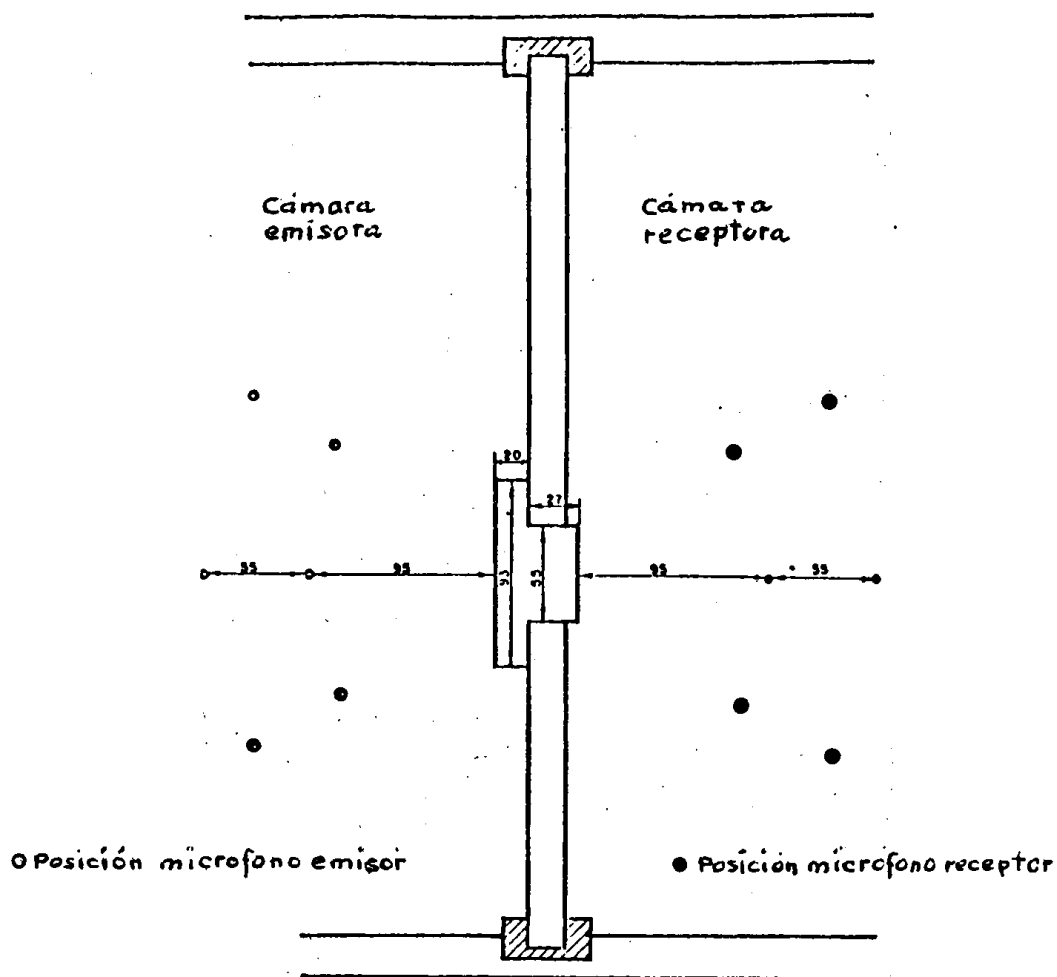


Figura 3.- Situación del silencioso entre las dos cámaras emisoras y receptoras.

En el lado receptor se ha medido en todos los casos con filtro de tercio de octava centrada en la frecuencia correspondiente.

El nivel sonoro tanto en una como en otra cámara se midió para 6 posiciones distintas de micrófono, distantes de 0,95 m a 1,5 m.

En las mismas posiciones de los micrófonos se volvió a medir, sin el silenciador.

Las diferencias medias de las atenuaciones medidas en ambos casos se encuentran representadas en la figura 4.

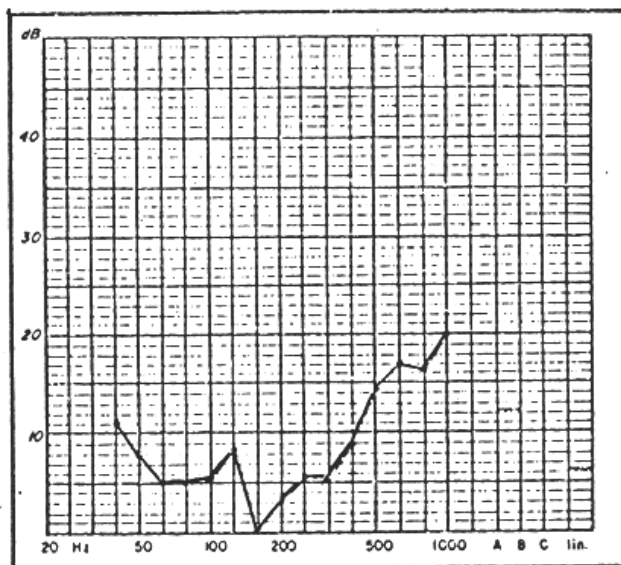


GRAFICO 1

Figura 4.- Atenuaciones medias registradas

También se incluyen los valores obtenidos con banda de ruido blanco de 20 a 20.000 Hz en emisión, y respuesta lineal en recepción, y la misma banda en emisión, pero midiendo en dB (A) en ambos lados.

Tratamiento acústico de C.T. con niveles de ruido inferiores a 10 dB (A) sobre el máximo admisible

Es un caso bastante frecuente en el que tratamos de disminuir los efectos poniendo silenciosos en las entradas y salidas de aire y elementos antivibratorios por debajo de los transformadores. Véase figura 5.

A continuación recogemos la ficha de varios C.T. tratados acústicamente.

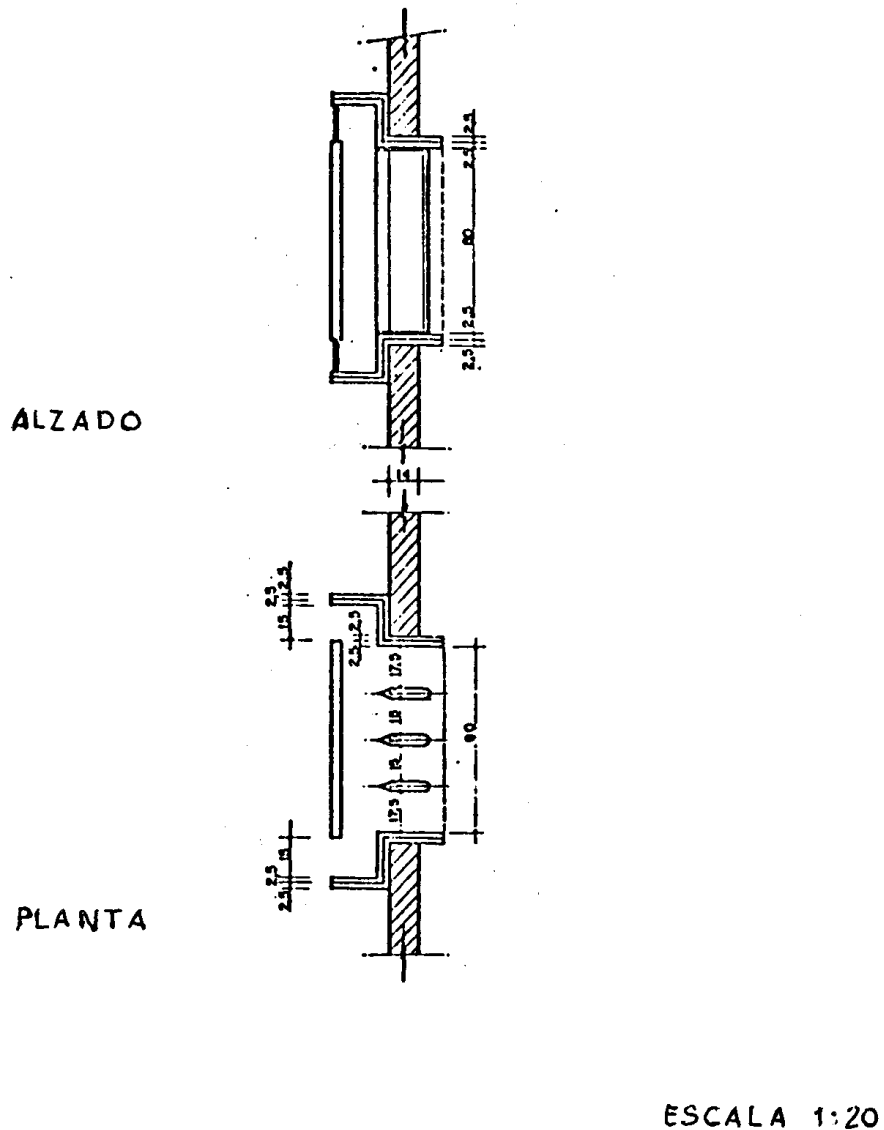


Figura 5.- Sección y planta del silencioso colocado en las entradas y salidas de aire.