



**MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL
MEDIO AMBIENTE DAGMA**

**DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL RUIDO Y PROPUESTA
PARA SU MANEJO Y CONTROL EN EL AREA URBANA DEL
MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

**VOLUMEN II
PROPUESTA PARA EL MANEJO
Y CONTROL DEL RUIDO**

epam
Lda



CONSORCIO IGA LTDA - EPAM LTDA

IGA LTDA: Carrera 28 No 47A-68 Tel : 2696168 / 3680416 Fax: 2695436
EPAM LTDA: Calle 123 No. 9-31 Tel: 6120103 Fax: 6129579
Santa Fe de Bogotá D.C - Colombia

4133.07.12 / 03 / 1998 - 3

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
DAGMA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL RUIDO
Y PROPUESTA PARA SU MANEJO Y CONTROL EN EL
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE
CALI

PROPUESTA PARA EL MANEJO Y
CONTROL DEL RUIDO

Cali, noviembre de 1999

Santafé de Bogotá, noviembre 12 de 1999

Doctora
MARÍA EUGENIA PÉREZ
Interventora Contrato SCA 007-98
Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA
Santiago de Cali

Ref. Informe técnico No 3

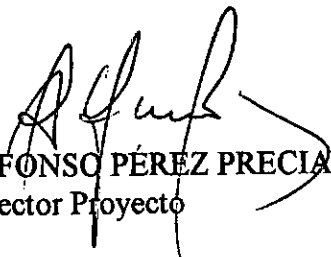
Apreciada doctora:

Por medio del presente tenemos el agrado de entregar a Usted el informe técnico No 3 correspondiente a la "Propuesta para el manejo y control del ruido en la ciudad de Santiago de Cali".

El informe se ha dividido en seis capítulos, el primero de ellos dedicado a presentar los fundamentos teóricos del control del ruido y la descripción del programa de manejo y control del ruido, mientras que los cinco restantes incluyen un conjunto de recomendaciones técnicas sobre control del ruido del tráfico automotor y en zonas comerciales, industriales, residenciales e institucionales.

Agradeciendo su atención, nos es grato suscribirnos,

Atentamente,


ALFONSO PÉREZ PRECIADO
Director Proyecto

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. EL CONTROL DEL RUIDO	5
1.1. Aspectos generales	5
1.1.1. Niveles aceptables	5
1.1.2. Impacto económico del ruido	10
1.1.3. Los compartimientos del control del ruido	11
1.1.4. Las técnicas de control del ruido	12
1.1.5. Necesidad de controlar el ruido	13
1.2. Otros conceptos aplicables	14
1.3. Programa de manejo y control del ruido	17
1.3.1. Objetivos	17
1.3.2. Alternativas para control del tráfico automotor	17
1.3.3. Alternativas para control de otras fuentes	19
1.3.4. Escenarios posibles	19
1.3.5. Metas y actividades del programa de control del ruido	20
1.3.6. Aspectos operativos y costos	22
1.4. Zonificación para el manejo y control del ruido	23
2. CONTROL DE RUIDO DEL TRÁFICO AUTOMOTOR	24
2.1. Descripción de la fuente	24
2.2. Legislación vigente	25
2.3. Medidas de mitigación	25
2.3.1. Sistema de propulsión	25
2.3.2. Sistema de rodadura y aerodinámicos	25
2.3.3. Sistemas neumáticos	26
2.3.4. Sistemas auxiliares	26
2.3.5. Tráfico	27
3. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS COMERCIALES	30
3.1. Descripción de la fuente	30
3.2. Legislación vigente	30
3.3. Medidas de mitigación recomendadas	30
3.3.1. Horario diurno	30
3.3.2. Horario nocturno	33
4. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS INDUSTRIALES	36
4.1. Descripción de la fuente	36
4.2. Legislación vigente	36

255

4.3. Medidas de mitigación recomendadas	36
4.3.1. Horario diurno/nocturno	36
5. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS RESIDENCIALES	40
5.1. Descripción de la fuente	40
5.2. Legislación vigente	41
5.3. Medidas de mitigación recomendadas	41
5.3.1. Ruido generado por vehículos automotores y aviones	41
5.3.2. Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes y otros	48
5.3.3. Uso de electrodomésticos como licuadoras, brilladoas, aspiradoras	48
5.3.4. Actividades de sitios de recreación nocturna	48
5.3.5. Venta de productos anunciados por pregoneros	48
5.3.6. Ladridos de perros	49
5.3.7. Operación de equipos para la construcción	49
5.3.8. Vías usadas como lugar de trabajo	49
5.3.9. Vías usadas como lugar de recreación por los niños	49
5.3.10. Uso de vivienda como sitio de industria familiar	49
5.3.11. Eventos populares	49
6. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS INSTITUCIONALES	51
6.1. Descripción de la fuente	51
6.2. Legislación vigente	52
6.3. Medidas de mitigación recomendadas	52
6.3.1. Horario diurno/nocturno	52

BIBLIOGRAFÍA

PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objeto presentar la propuesta para el manejo y control del ruido en la ciudad de Santiago de Cali.

Ella se basa, por un lado, en el diagnóstico del ruido presentado en la primera parte y, por otro, en la aplicación de técnicas y/o sistemas de control mas o menos conocidos para las diversas situaciones y zonas de la ciudad.

1. EL CONTROL DEL RUIDO

1.1 ASPECTOS GENERALES

El ruido puede definirse como un *sonido no deseado*. Un cántico religioso en una iglesia puede ser un descanso para los feligreses que lo entonan, pero puede constituir una molestia para los vecinos de la iglesia, aún para aquellos que pertenecen al mismo credo, dado que puede llegar a ser una interferencia para el desarrollo normal de sus actividades.

Por lo general, el ruido a que está expuesta una persona suele estar conformado por sonidos provenientes de muchas fuentes, próximas y lejanas. Es el *ruido ambiental*. No obstante, en situaciones particulares, puede llegar a dominar una fuente, la cual se convierte entonces en *objeto de control*. Tal es el caso citado de la iglesia, o el ruido producido por la música de una discoteca, o por el tráfico automotor a lo largo de una avenida, o por las operaciones aéreas en los alrededores de un aeropuerto. En estos casos es básico determinar la importancia del *ruido de la fuente* en el ruido ambiental, para evaluar la magnitud de la reducción de los niveles de ruido que puede esperarse como consecuencia de controlar la fuente.

1.1.1. Niveles aceptables

El control del ruido es el sistema por medio del cual se puede obtener un ruido ambiental *aceptable*, teniendo en cuenta sus costos y sus condiciones de aplicación. La aceptabilidad del ruido depende, entre otros aspectos:

- 1) *De las condiciones en que se produce*. No tiene el mismo efecto un ruido dado en un sector comercial que el mismo ruido en un sector silencioso (un parque, o un hospital). En el primer

caso el ruido podrá pasar desapercibido, mientras que en el segundo podrá ser inaceptable. Lo mismo ocurre con un mismo ruido en un mismo sector si se produce durante el día o durante la noche.

- 2) *Del individuo, grupo o comunidad afectados.* En esto influyen las condiciones psicológicas, culturales y de edad del individuo o grupo. Se dan casos en que lo que para una comunidad es aceptable e incluso normal (equipos de sonido en alto volumen, bulla general), para otra comunidad vecina es intolerable. Los jóvenes tienen la tendencia a vivir en ambientes más ruidosos que los viejos. Un tipo de dado de melodías puede ser aceptado y deseado por una persona, pero para otra puede constituir una molestia.

La *molestia* inducida por el ruido es difícil de definir. Por lo general ella se describe como “una actitud adversa al ruido”. Se dice también que un ruido es molesto cuando una persona intenta evitarlo. Ella está influenciada tanto por factores acústicos como no acústicos. Entre los primeros se destacan el nivel sonoro, la duración, la distribución de frecuencias y las fluctuaciones del ruido. Entre los factores no acústicos se mencionan la adaptación al ruido, su influencia sobre las actividades que se realizan en el momento en que se produce, las actitudes hacia las fuentes de ruido y sus operadores (aprobación, miedo, desconfianza), el nivel socioeconómico de los individuos o grupos, la dependencia económica del funcionamiento de la fuente y la posibilidad de predecirla. En comunidades en que predominen los factores acústicos, es dable esperar que una reducción en los niveles de exposición conlleve a una reducción en la molestia. Al contrario, en comunidades en que la molestia esté dominada por factores no acústicos, puede suceder que la reducción de los niveles de ruido produzca muy poca o ninguna reducción en la molestia. No obstante, en los estudios sobre molestias es muy difícil separar los factores acústicos de los no acústicos (éstos últimos se conocen también como el *sesgo de la respuesta* en encuestas sobre ruido).

Por estas razones y por la gran variabilidad de las relaciones entre exposición al ruido y molestia, se acostumbra predecir esta última en términos probabilísticos, si bien no ha sido posible medirla en unidades de ingeniería. Se han ideado algunos procedimientos de cuantificación de la molestia basados en análisis de regresión sobre conjuntos de datos individuales, los cuales no son siempre de utilidad.

Para evaluar la molestia causada por el ruido a nivel individual se utilizan por lo general métodos psicofísicos automatizados de respuesta directa, con instrumentos autocalibradores y diseños experimentales específicos, que producen datos en tiempo real. Tales métodos, como el de límites, el de ajuste y el de comparación por pares, se basan en el enjuiciamiento por parte de un individuo del grado de molestia causado por diferentes señales acústicas. No obstante, la medida más adecuada para la descripción de la molestia relativa de un conjunto de ruidos no impulsivos de banda ancha es el “*nivel sonoro con ponderación A*”, la cual se basa en la sensibilidad del oído humano a las distintas frecuencias sonoras. Esta medida ha demostrado ser la más adecuada para predecir la molestia causada por ruidos relativamente altos y audibles por encima del ruido ambiental en que se producen. Otras medidas, como las de la familia del ruido percibido (PNL, EPNL, etc), desarrolladas para la certificación del ruido producido por los aviones, sólo son utilizables en los casos en que la precisión de la medida tenga implicaciones económicas significativas.

Otro criterio utilizado es la *respuesta de la comunidad*, término igualmente difícil de describir. La EPA la define como “lo que la comunidad hace acerca del ruido o sus fuentes”, lo cual puede incluir desde no hacer nada hasta quejas, protestas, paros, debates, pleitos jurídicos y otras muchas acciones, lo que hace a esta definición extremadamente amplia. El método más utilizado para determinar la molestia causada por un ruido o conjunto de ruidos en una comunidad es una *encuesta* encaminada a obtener información sobre actitudes en relación con los efectos causados por la exposición al ruido, basada en la investigación de respuesta directa sobre molestias a nivel individual. Estas encuestas deben permitir establecer los porcentajes de población que manifiestan determinados efectos y/o actitudes, y deben acompañarse de un programa de mediciones de niveles sonoros. Para que sea adecuada, una encuesta debe arrojar información no sólo sobre el grado de molestia sino sobre las interferencias con las actividades cotidianas, en especial sobre aspectos tales como:

- Importancia de los efectos del ruido en la comunidad
- Grado de afectación según sectores de la comunidad
- Fuentes molestas del ruido
- Variación horaria de los efectos (a qué horas son más molestos)
- Interferencia con el habla
- Interferencia del sueño
- Actitudes favorables y desfavorables hacia las fuentes de ruido
- Dependencia económica de la comunidad de las fuentes de ruido
- Expectativas sobre la importancia de los efectos de las distintas fuentes de ruido
- Otras, según el caso

Una encuesta mal hecha puede arrojar resultados falsos o ser contraproducente. Por ello es necesario que la misma sea cuidadosamente diseñada, aplicada, procesada e interpretada. Encuestas ligeras tipo prensa no son adecuadas.

La EPA (U.S. Environmental Protection Agency) adoptó varios tipos de medida o indicadores que pueden ser utilizados para la predicción de la molestia causada por el ruido, en especial el *nivel sonoro continuo equivalente (Leq)*, el *nivel sonoro corregido día-noche (Ldn)* y el *nivel equivalente de ruido comunitario (CNEL)*, todos los cuales utilizan la escala de ponderación A y guardan una estrecha correlación, por diferenciarse sólo en los términos de corrección horaria. No obstante, la correlación entre tales medidas y los grados de molestia manifestados por la población es, por lo general, considerablemente menor.

Para la predicción de la molestia a largo plazo causada por el ruido a nivel comunitario se puede utilizar la extrapolación de una relación empírica dosificación-efecto, o una relación teórica entre exposición al ruido y molestia observada en las comunidades. Un ejemplo de relación empírica utilizable es la propuesta por Fidell y Green (en Harris C.M., 1995), la cual, según sus autores, explica el 45% de la varianza en el conjunto de datos y (1) sólo se ajusta dentro del rango de valores de Ldn entre 45 y 85 dB, (2) asume que la molestia está gobernada por factores exclusivamente acústicos y (3) asume que las diferencias entre dos comunidades expuestas al mismo nivel de ruido no son explicables sistemáticamente. La forma de esta relación es:

$$\text{Porcentaje muy molesto} = 0,036 \text{ Ldn}^2 - 3,27 \text{ Ldn} + 79,14 \quad (1)$$

La teoría probabilística suministra una forma más amplia de predecir la molestia causada por el ruido en comunidades, mediante la siguiente relación (Fidell y Green, op. cit):

$$P = \exp (- 10^{0,03(D-Ldn)}) \quad (2)$$

Donde P: Porcentaje de la población con probabilidad de estar muy molesto por el ruido

D: Valor del criterio para molestias muy severas

Ldn: Nivel sonoro corregido día-noche

El valor del criterio D puede variar según la fuente y/o la comunidad. Por ejemplo, algunas comunidades suelen ser más estrictas para informar de las molestias causadas por el tráfico automotor que por el tráfico aéreo, o viceversa.

Aunque existen normativas en distintos países que ponen límites a ciertas fuentes de ruido, no existe un criterio absoluto sobre la aceptabilidad de la exposición al ruido en una comunidad. Incluso los niveles fijados en el marco del Acta de Control del Ruido de la EPA (1972), vigentes hoy en día y sobre los que se calcularon las normativas colombianas, fueron establecidos sin suficientes consideraciones sobre su viabilidad técnica y económica y no constituyen objetivos prácticos de control del ruido en el corto plazo (Fidell y Green, op. cit).

- 3) *De los niveles permisibles.* No obstante lo anterior, los países han adoptado por lo general normas que fijan límites tolerables promedios de niveles de ruido para distintos ambientes y horas. Estos niveles han sido establecidos con base en investigaciones sobre la molestia causada en grupos numerosos de personas por distintos niveles de ruido. El cuadro No 1 muestra la norma general aplicable en Colombia.
- 4) *De las normas sobre exposición al ruido.* Asimismo, existen normas sobre exposición a niveles de ruido, basadas en los efectos que los mismos pueden ocasionar a la salud humana. El cuadro No 2 muestra los valores límites permisibles de ruido en función de la duración de la exposición.
- 5) *De los criterios sobre interferencia con el habla.* El cuadro 3 muestra, como referencia, los niveles medios sonoros del habla para distintos esfuerzos vocales y el cuadro No 4 los criterios para comunicación hablada fiable en presencia de ruido de fondo. La relación habla-ruido es la diferencia entre el nivel sonoro del habla y el nivel de ruido de fondo. En promedio, los niveles sonoros del habla se elevan aproximadamente de 3 a 5 dB por cada 10 dB de aumento del nivel de ruido por encima de 50 dB(A). En una clase o en una reunión numerosa, el nivel de la voz se eleva hasta 10 dB por cada 10 dB de aumento del nivel de ruido (Levit H. Y Webster J.C., en Harris, C.M., 1995).

Lo anterior indica que un determinado problema de ruido no tiene una respuesta única, ya que las condiciones en que se produce y los grupos afectados pueden variar en el tiempo y el espacio.

Cuadro N° 1

NIVELES DE RUIDO PERMISIBLES EN dBA

ZONAS	DIA (7 - 21 H) Leq	NOCHE (21 - 7 H) Leq	NORMA LEGAL
Residencial	65	45	Resolución N° 08321 de 1983 Minsalud. *
Comercial	70	60	
Industrial	75	75	
De Tranquilidad	45	45	
Aeropuerto El Dorado	Ldn = 65 dB(A) (Con mitigación por encima de este nivel)		Resoluciones 1330 y 1389 de 1995 Ministerio del Medio Ambiente **

* Esta norma prohibió el uso residencial e institucional (educativo, salud y similares) en los alrededores de los aeropuertos. Valores en nivel sonoro continuo equivalente (Leq).

** Estas normas son obligatorias para la Aeronáutica Civil. En ellas se establece el límite máximo permisible de ruido ambiental en la zona de influencia del aeropuerto en 65 dB (A) de nivel sonoro promedio día noche (Ldn), por encima del cual se debe hacer mitigación del ruido

Cuadro N° 2

CRITERIOS SOBRE RIESGOS DE PERDIDA DE AUDICION

DURACION MAXIMA PERMITIDA POR DIA (HORAS)	NIVEL DE RUIDO dB (A)
8	90
7	
6	92
5	
4,5	
4	95
3,5	
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0.25 o menos	115 (máximo)

Fuente: Resolución 08321/83 del Ministerio de Salud de Colombia

(Si el oído es expuesto a un nivel sonoro promedio Leq de 90 dB (A) durante 8 horas al día a lo largo de 20 años, resultará en sordera permanente. Estudios adicionales han demostrado que existe un riesgo de pérdida parcial de la audición, con posibilidades de daño permanente, después de 40 años de exposición a un nivel diario y continuo de 75 dB (A) Leq durante 8 horas al día)

Cuadro No 3
MEDIA DE NIVELES SONOROS DEL HABLA PARA DISTINTOS
ESFUERZOS VOCALES EN CONDICIONES DE SILENCIO A UNA
DISTANCIA DE 1 METRO EN CAMPO ABIERTO .

ESFUERZO VOCAL	NIVEL dB(A) (Hombre)	NIVEL dB(A) (Mujer)
Casual	53	50
Normal	58	55
Elevado	65	62
Alto	75	71
A gritos	88	82

Fuente: Levitt H. y Webster J.C., en Harris C.M, 1995 "Manual de medidas acústicas y control del ruido".

Cuadro No 4
RELACIONES HABLA-RUIDO PARA DISTINTAS CONDICIONES

SITUACIÓN	RELACIÓN HABLA-RUIDO En dB(A)
Conversaciones al aire libre	6 a 8 dB
Conversaciones dentro de casa	9 a 14 dB
Conversaciones escuchando televisión	15 dB
Audición normal	7 a 11 dB

Fuente: Levitt H. y Webster J.C., en Harris C.M, 1995 "Manual de medidas acústicas y control del ruido".

En términos generales, la reducción del ruido a niveles aceptables se puede lograr mediante la aplicación de alguna de las técnicas descritas en este capítulo. No obstante, en algunos casos la solución puede resultar por fuera de las posibilidades económicas e incluso representar un derroche, y crear interferencias con las operaciones cotidianas.

Por estas razones, en cada caso, por pequeño que sea, se debe analizar las distintas alternativas de alcanzar un nivel aceptable de ruido al costo más bajo posible. En algunos casos podría ser más razonable incluso aumentar el nivel de ruido en un ambiente dado para enmascarar otro ruido indeseado, en vez de reducir este último, siempre que las demás condiciones lo permitan.

1.1.2. Impacto económico del ruido

Además de la molestia y/o los perjuicios sobre la salud que pueda causar, el ruido constituye un problema económico en los siguientes casos, entre otros:

- Cuando el nivel de ruido es tal que interfiere con la comunicación hablada al interior de las empresas y/o instituciones de diverso orden, ocasionando por tal hecho pérdidas económicas.

- Cuando las empresas se ven obligadas a efectuar compensaciones a sus trabajadores como resultado de lesiones auditivas permanentes.
- Cuando los niveles de ruido que se producen en los aeropuertos o industrias, o a lo largo de una autopista, son tales que eliminan la posibilidad de ciertos usos del suelo en sus alrededores (el residencial o institucional, por ejemplo), ocasionando una pérdida en el valor del suelo y/o sus edificaciones.
- Cuando, por las mismas razones anteriores, las empresas se ven obligadas a realizar considerables inversiones en obras de mitigación del ruido, tanto al interior de sus instalaciones como en las edificaciones localizadas en su zona de influencia.

1.1.3. Los compartimientos del control del ruido

En el campo del control del ruido es importante tener en cuenta tres grandes componentes o compartimientos:

- *La fuente* que produce el ruido, la cual puede estar constituida por un solo elemento (un equipo de sonido, por ejemplo) o por un conjunto de elementos (aviones en un aeropuerto, o vehículos en una calle o autopista). Las fuentes, por consiguiente, pueden variar en número y sus emisiones cambiar con el tiempo, como en el caso de los aviones o vehículos.
- *La vía de transmisión* del sonido, la cual puede ser el aire y/o los elementos de la estructura de las edificaciones (paredes, pisos y otras). En el caso del aire, las variaciones temporales y espaciales de sus condiciones de temperatura, humedad y vientos especialmente, dan como resultado una amplia fluctuación del nivel sonoro percibido por un receptor, proveniente de una fuente dada. De igual manera, las variaciones en los materiales de las edificaciones y en sus condiciones de operación (frecuencia con que se abren y cierran puertas y ventanas) ocasionan una variación en las condiciones de transmisión del sonido.
- *El receptor* del ruido, el cual puede estar representado por una sola persona, un grupo, una comunidad o un equipamiento. De acuerdo con las condiciones de cada persona en el grupo y con el número de personas, los umbrales de ruido aceptable también podrán variar en el tiempo y el espacio.

En consecuencia, tanto las fuentes, como las vías de propagación y los receptores tienen un comportamiento estadístico frente a los problemas de ruido. Además, existen interacciones permanentes entre fuente, vía y receptor. Así por ejemplo, puede ser necesario aumentar la potencia sonora de una fuente en función de las condiciones de la vía de transmisión (tamaño de una sala de reunión, por ejemplo) y de las características del receptor (como sería el caso de personas con problemas de audición). De igual manera, las características de la vía de transmisión pueden verse influenciadas por la fuente y el receptor, como sucede con la atenuación lograda por un silenciador. Asimismo, la reacción de un receptor depende de las características de la fuente y de la vía de transmisión del sonido; una persona puede reaccionar de manera diferente frente a una misma

vibración producida por el paso de un avión que a la producida por el funcionamiento de un refrifredor ruidoso.

1.1.4. Las técnicas de control del ruido

Se puede controlar el ruido tanto en la fuente como en la vía de transmisión y en el receptor, o en una combinación de ellos. La técnica a emplear depende de la magnitud de la reducción que se necesite y de las condiciones económicas y de aplicación.

El control en la fuente puede lograrse de varias maneras:

- Mediante la modificación de los mecanismos generadores de ruido de la fuente, por ejemplo aislando los componentes vibratorios de una máquina, o reduciendo los movimientos de los mismos.
- Mediante la modificación de los procesos de funcionamiento de la fuente, por ejemplo alterando el horario de operación (suspensión o reducción de la operación nocturna, con lo cual se disminuye la interferencia con los periodos de descanso y sueño de las comunidades vecinas).

El control en la vía de transmisión puede lograrse mediante medidas tales como:

- Cerramiento alrededor de la fuente de ruido o incluso del receptor, si bien en los problemas de ruido ambiental el control debe hacerse basicamente sobre la fuente.
- Barreras, las cuales, para que sean eficaces, deben tener una tamaño mayor a la longitud de onda del sonido a difractar y ángulos que permitan la reflexión de las ondas hacia el firmamento, hacia áreas despobladas o hacia superficies absorbentes.
- Revestimiento con materiales absorbentes de las paredes, techo y/o piso alrededor de la fuente de ruido (máquinas de fábricas por ejemplo, a lo largo de los conductos de ventilación, o en discotecas, lugares de culto y similares).
- Discontinuidades a lo largo de la vía de transmisión del sonido, como por ejemplo en las paredes de una edificación, en espacios abiertos o en silenciadores de vehículos, si bien estas discontinuidades pueden complementarse con revestimientos acústicos.

En proyectos, construcciones u obras de infraestructura nuevas, se deben tener en cuenta, además, medidas de tipo preventivo tales como:

- Localización de la fuente lo más lejos posible del receptor (o viceversa en los casos de construcción de viviendas u otros tipos de instalaciones sensibles al ruido), y orientación de la fuente con respecto al terreno, a los vientos y al receptor.
- Disposición de los elementos de la edificación en forma tal que las áreas de descanso o aquellas en que se desean condiciones de silencio queden lo más protegidas posible de las vías de

transmisión del sonido proveniente de una fuente (vehículos de una avenida cercana, por ejemplo, o rutas de aviones), con lo cual se pueden reducir los costos de las obras de reducción del ruido.

El control a nivel del receptor debe emplearse allí donde el nivel de ruido represente un riesgo para la salud de las personas y no sea posible reducirlo por otros medios. Se aplica sobre todo a nivel de grupos de población expuestos a niveles altos de ruido, tales como operarios de maquinaria ruidosa, trabajadores de campos geotérmicos o petroleros, agentes de tránsito y otros. Entre las medidas de protección se pueden mencionar las siguientes:

- Uso de protectores del oído, tales como auriculares, tapones y cascos.
- Construcción de cabinas o cerramientos a nivel del operario, cuando ello resulte más práctico y económico.
- Control de la exposición, rotando al personal por turnos cortos que disminuyan el riesgo para la salud, considerando que el riesgo depende tanto del nivel de ruido como del tiempo de exposición (véase cuadro No 2).
- Programas de formación y educación ambiental en ruido, conservación de la audición y técnicas de control, tanto a nivel comunitario como de grupos expuestos.

1.1.5. Necesidad de controlar el ruido

Cuando surge un problema de ruido, es necesario seguir los siguientes pasos previos a la definición de las medidas de control:

- 1) Evaluación del nivel del ruido ambiental existente y, de ser el caso, del nivel de ruido producido por la fuente que genera el problema. Estas mediciones se deben hacer con un sonómetro adecuado, debidamente calibrado, durante un período estadísticamente significativo, bajo condiciones controladas y teniendo en cuenta los diversos factores ambientales que pueden afectar la medición. En el caso de una fuente en particular, se debe determinar el aporte de la misma al ruido ambiental global, para evaluar de esta forma el efecto de su control sobre un receptor en particular.
- 2) Una vez determinado el nivel de ruido existente, se debe proceder a definir el nivel de ruido aceptable, para lo cual se pueden considerar las normas vigentes para la zona establecidas por la autoridad ambiental competente (véanse cuadros 1 y 2). En función del problema por resolver, también se pueden utilizar otros criterios, como los indicados en la sección 1.1.1 sobre molestias a nivel comunitario e interferencia con el habla.
- 3) Determinación de la reducción necesaria de los niveles de ruido (diferencia entre nivel existente y nivel aceptable), análisis y selección de la técnica de control a emplear. En algunos casos, suele ser necesario determinar esta diferencia en función de la frecuencia.

1.2. OTROS CONCEPTOS APLICABLES

Por considerarlos de interés, a continuación se transcriben algunos conceptos sobre niveles de ruido utilizados en el presente informe.

1) Nivel de presión sonora L

El nivel de presión sonora correspondiente a una presión sonora p, viene dado por la siguiente relación:

$$L = 10 \log (p^2/p_o^2) \tag{3}$$

Donde:

- p = Presión sonora medida
- p_o = Presión sonora de referencia, igual a 2 x 10⁻⁵ Pa
- L = Nivel de presión sonora en decibeles (dB)

Nota: La presión sonora es rms (root-mean-square pressure)

2) Nivel de presión sonora resultante de varias fuentes:

$$L = 10 \log (10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \dots + 10^{Ln/10}) \tag{4}$$

Donde:

- L_i = Nivel de presión sonora de la fuente i (para i = 1, ..., n)
- L = Nivel de presión sonora de las fuentes combinadas

3) Nivel sonoro equivalente (L_{eq}):

El nivel sonoro equivalente o nivel de energía equivalente L_{eq} es el nivel de presión sonora constante que tiene idéntica energía acústica durante todo el periodo considerado. Los niveles sonoros se miden con sonómetros y, para los fines de la caracterización del ruido en comunidades, estos niveles son corregidos electrónicamente de acuerdo con la escala de ponderación A, la cual ajusta (reduce) los valores de presión sonora correspondientes a las altas y bajas frecuencias, para las cuales la sensibilidad del oído humano es baja. Por esta razón se acostumbra poner una A después de la unidad (dBA). El nivel sonoro continuo equivalente viene dado por la siguiente relación:

$$L_{eq} = 10 \log (f_1 10^{L1/10} + f_2 10^{L2/10} + \dots + f_n 10^{Ln/10}) \tag{5}$$

Donde:

f_i = Fracción de tiempo durante el cual el nivel de presión sonora es igual a L_i, para i = 1, ..., n.

El uso de descriptores de energía equivalente (como L_{eq}, L_{dn} o CNEL) implica la validez de una hipótesis de igual energía, esto es, que no hay diferencia entre un nivel medio creado por pocas intrusiones de ruido de alto nivel y un nivel medio formado por un número ponderalmente mayor de

intrusiones de ruido de más bajo nivel. Esta hipótesis implica que se puede usar este tipo de descriptores para una gama de exposición de cerca de 20 dB, desde aproximadamente $L_{dn} = 55$ dB a 75 dB. Pero para fuentes de ruido de carácter esporádico (esto es, infrecuente, intermitente e inesperado), la hipótesis de igual energía supone una mayor inseguridad en la estimación de la molestia.

4) Nivel sonoro corregido día-noche (L_{dn}):

Es una variación del L_{eq} , usada algunas veces para caracterizar el ruido en comunidades. El L_{dn} es calculado en la misma forma que el L_{eq} sobre un período de 24 horas, con la diferencia de que a los niveles de presión sonora que ocurren entre las 22:00 y las 7:00 se les agrega 10 dB antes de calcular el promedio mediante la misma fórmula 5. Este ajuste refleja el incremento de molestia, en particular por interferencia con el sueño, causado por el ruido nocturno. Es un parámetro especialmente usado en la caracterización de la molestias causada por el ruido del tráfico automotor y aéreo.

5) Nivel equivalente de ruido comunitario (L_{den} o CNEL):

Es una variación del L_{eq} , usada igualmente para caracterizar el ruido en comunidades. El CNEL es calculado en la misma forma que el L_{eq} sobre un período de 24 horas, con la diferencia de que a los niveles de presión sonora que ocurren entre las 19:00 y las 22:00 se les agrega 3 dB y a los niveles que ocurren entre las 22:00 y las 07:00 se les agrega 10 dB antes de calcular el promedio mediante la misma fórmula 5. Este ajuste refleja el incremento de molestia, en particular durante la noche (período de descanso).

6) Ruido en aeropuertos

Además de L_{eq} y L_{dn} , en los estudios de ruido en aeropuertos se utilizan otros indicadores, de los cuales el más importante es el nivel de ruido percibido efectivo (EPNL), el cual se emplea por la FAA (Federal Aviation Administration de EEUU) en la certificación de ruido de las nuevas naves de transporte subsónico. El proceso de cálculo el EPNL es el siguiente:

Nivel de ruido percibido (PNL)

El ruido de un avión que despegue o aterrice o que sobrevuela se describe frecuentemente por el nivel de ruido percibido (PNL). Este indicador se determina con base en pruebas experimentales, por lo general complejas, que involucran la reacción de las personas al ruido de un avión. Por esta razón, es común aproximar el cálculo del PNL usando parámetros fáciles de medir, como el nivel de presión sonora con escala de ponderación D. Esta ponderación es similar a la A, pero los factores de corrección para las distintas frecuencias son diferentes. De esta forma el PNL se puede estimar así:

$$PNL \cong L_d + 7 \quad (6)$$

Donde:

L_d = Nivel de presión sonora con ponderación D, registrado en sonómetro durante el sobrevuelo del avión (viene dado en dB).

Los nuevos sonómetros no traen por lo general la escala de ponderación D, por lo cual el cálculo del PNL se puede hacer a partir de la curva de niveles de presión sonora resultante del paso de un avión por encima del lugar de estudio y del espectro correspondiente en bandas de tercio de octava (L para 24 bandas) en un instante concreto. Los pasos a seguir son los siguientes:

Paso 1: División de la curva de niveles de presión sonora en intervalos de 0.5 segundos.

Paso 2: Cálculo de la “ruidosidad” total en noys, para lo cual se transforma el nivel de presión sonora de cada banda de tercio de octava en su correspondiente valor de ruidosidad (n_i), mediante el empleo de tablas o figuras (nomogramas). Luego se calcula la ruidosidad total (n_t) mediante la siguiente fórmula:

$$n_t = n_{\max} + 0.15 (\sum n_i - n_{\max}) \text{ en noys} \quad (7)$$

Donde:

n_{\max} = Valor máximo en noys

$\sum n_i$ = Suma de valores noy de todas las bandas, de 1 a 24 (i)

Paso 3: Cálculo del ruido percibido (PNL), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PNL} = 40 + 33.22 \log n_t \quad (8)$$

Nivel de ruido percibido efectivo (EPNL)

Con el fin de tener en cuenta el efecto de la duración de un ruido y la presencia de tonos puros identificables, los cuales incrementan la molestia de un evento de ruido, los valores de PNL deben ser corregidos así:

$$\text{EPNL} = \text{PNL} + C_1 + C_2 \quad (9)$$

Donde:

C_1 = Factor que refleja la existencia de tonos puros identificables en el espectro sonoro, y varía entre 0 y 6.7. Este factor se calcula a través de un procedimiento complejo basado en el espectro de bandas de tercios de octava para intervalos de 0.5 seg, con el fin de detectar cualquier banda cuyo nivel exceda a los de la banda o bandas adyacentes.

C_2 = Factor que tiene en cuenta la duración del sobrevuelo, y se calcula por la fórmula:

$C_2 = 10 \log (\Delta t/20)$, donde Δt es el intervalo de tiempo (en segundos) durante el cual el nivel de ruido está dentro de 10 PNdB del máximo valor instantáneo del nivel de ruido percibido.

1.3. PROGRAMA DE MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO

1.3.1. Objetivos del programa de manejo y control del ruido

Dado que la principal fuente de ruido en la ciudad es el tráfico automotor, se proponen los siguientes objetivos para el programa de manejo y control del ruido:

- Ejercer vigilancia y control sobre los niveles de ruido de los vehículos, con prioridad en vehículos de transporte público, camiones y volquetas, a cargo de la STT.
- Controlar y/o reducir la importancia de los factores indirectos del ruido, en especial los relacionados con la organización y operación del tráfico urbano (velocidades, congestiones y otros)
- Controlar las emisiones de las fuentes sonoras fijas de tipo comercial, industrial e institucional, mediante programas de vigilancia y asistencia técnica, con el fin de aislar o tratar las fuentes o reemplazar los equipos existentes por equipos menos ruidosos, a cargo del DAGMA.

1.3.2. Alternativas para el control del tráfico automotor

Existen diversas alternativas, por lo general complementarias, para el control del ruido generado por el tráfico urbano, algunas sobre el parque automotor mismo y otras sobre factores de la organización y operación del tráfico que inciden en los niveles sonoros.

Alternativa 1: Revisión y control de vehículos

Varios son los componentes vehiculares que contribuyen a la generación de ruido:

- El sistema de propulsión (motor y silenciador)
- Los sistemas de rodadura (interacción entre ruedas y pavimento)
- Los sistemas neumáticos (frenos, bocinas de aire)
- Los sistemas auxiliares (pitos, bocinas, sirenas, alarmas)

En consecuencia, el programa de control del ruido producido por el parque automotor debe buscar, mediante revisiones periódicas y campañas de educación y capacitación comunitaria, que los vehículos que circulan por la ciudad cumplan especificaciones adecuadas en relación con el estado de funcionamiento de los anteriores elementos.

Alternativa 2: Organización del tráfico

El desorden en el tráfico urbano, responsable en una buena parte de los trancones y baja velocidad de circulación, los que a su vez son factores generadores de ruido, deberá controlarse mediante una adecuada planificación del sistema de rutas de servicio público, que evite la sobreposición innecesaria,

especialmente en las vías arterias principales; la aplicación de una política que privilegie el uso de vehículos de transporte colectivo de alta capacidad (buses) y buenas condiciones de comodidad en las vías principales, dejando a los vehículos de baja capacidad (busetas y colectivos) las rutas secundarias y perimetrales; y el diseño y aplicación de sistemas de control policivo y administrativo que permitan crear una cultura de respeto a las normas de tránsito, ausente hoy en día.

En relación con la organización del tráfico, es importante anotar estrategias tales como la limitación de la circulación de vehículos particulares a horas pico, con el fin no sólo de disminuir las congestiones y trancones, sino de reducir los picos de contaminación sonora, .

Paralelamente será necesario adelantar un programa de reemplazo del parque automotor de servicio público viejo (taxis, colectivos, busetas, buses y similares), para lo cual se sugiere empezar con vehículos de 20 años y más de edad.

Alternativa 3: Sistema de transporte masivo.

Para reducir el exceso de vehículos en las calles (con relación al número de pasajeros), la solución es la creación de un sistema de transporte masivo eficiente, seguro, rápido y cómodo, que sea realmente una alternativa al uso de vehículos de transporte individual particular. En efecto, aunque los carros ligeros particulares (automóviles, camionetas y camperos) representan la mayor parte del parque automotor, estudios existentes muestran que recorren una proporción mucho menor de la distancia total recorrida por los diferentes tipos de vehículos, lo cual indica que si se implementara un sistema de transporte masivo se podría reducir el uso del carro particular y, con ello, las emisiones sonoras.

Alternativa 4: Ampliación y mejoramiento de la red vial.

De igual manera, es necesario recuperar el atraso vial que presenta la ciudad con respecto a las necesidades, mediante la construcción de nuevas vías troncales, la terminación de las proyectadas y la ampliación y mejoramiento de la red existente. En relación con el mejoramiento, se deberá poner énfasis especial a la pavimentación, repavimentación y eliminación de huecos en toda la ciudad, los cuales, al reducir la velocidad puntualmente, incrementan los accidentes y los niveles de ruido.

La aplicación de las anteriores estrategias será de responsabilidad de entidades tales como la Secretaría de Tránsito, la Secretaría de Obras Públicas y el propio DAGMA. Evidentemente, existen otras estrategias cuyas posibilidades de aplicación son más inciertas por razones culturales, de seguridad y políticas, pero que podrían promoverse a través de las campañas de educación ambiental masiva y/o a través de las relaciones interinstitucionales, tales como:

1. Promoción del uso compartido del carro particular, en especial por grupos de amigos que trabajen en la misma empresa y/o en los mismos sectores.
2. Introducir reformas en los patrones de urbanización de la ciudad, con miras a promover la creación de áreas de alta densidad de población, con desarrollo en altura (edificios multifamiliares), a distancias relativamente cercanas a los sitios de trabajo, con el objeto de reducir los desplazamientos diarios y, en consecuencia, las emisiones atmosféricas y sonoras vehiculares.

3. Lograr que el Estado colombiano en su conjunto adopte una política de descentralización del desarrollo, que promueva la localización de industrias y otras actividades altamente generadoras de empleo o servicios (educación universitaria de calidad, por ejemplo) en ciudades intermedias y pequeñas y evite la formación de grandes aglomeraciones urbano-industriales. De esta forma, además de repartir regionalmente los beneficios del desarrollo y crear oportunidades de empleo en zonas diferentes a las grandes ciudades, se dispersarían los focos de contaminación y se reducirían los niveles de polución locales.

1.3.3. Alternativas para el control de otras fuentes

Alternativas para fuentes comerciales, industriales e institucionales.

El DAGMA, con la cooperación de las autoridades locales y de policía y de las comunidades, debe identificar las fuentes sonoras fijas que causen malestar ciudadano o cuyos niveles sonoros superen las normas establecidas, con el fin de exigir la incorporación de medidas de insonorización o, en los casos de incumplimiento o de actividades incompatibles con el uso principal del área (según el POT), ordenar su erradicación o sellamiento.

En forma paralela con el monitoreo de la calidad del aire, también es necesario adelantar un programa de monitoreo del ruido en la ciudad, que permita tener un mapa actualizado de los niveles sonoros que sirva de base a la planificación de las actividades de control.

Alternativas para zonas residenciales

En las zonas residenciales sujetas a niveles sonoros altos procedentes de fuentes cercanas, tales como vías de tráfico intenso, actividades comerciales, industriales o institucionales, se promoverá la instalación o acondicionamiento de sistemas de mitigación del ruido, mediante tratamientos acústicos de muros, puertas, ventanas y, de ser el caso, cielorasos y cubiertas. Además, el control administrativo y policivo deberá dar prioridad a estas áreas, junto con las áreas institucionales que requieren descanso, tales como hospitales, clínicas, centros de rehabilitación y tratamiento siquiátrico y similares.

1.3.4. Escenarios posibles

Escenario 1

En el corto plazo (1-3 años), no hay posibilidades de que los niveles de ruido en la ciudad se reduzcan de manera sensible. En el caso del tráfico automotor, el ruido correspondiente crecerá en forma paralela con el parque automotor, aunque el ruido generado por cada vehículo será menor a causa de los dispositivos de control de los vehículos nuevos. La industria, el comercio y las actividades residenciales e institucionales seguirán produciendo un ruido similar al que producen hoy, mientras no maduren cambios culturales en el comportamiento ciudadano. Localmente, sin embargo, a nivel de ciertas actividades ruidosas (discotecas, discotiendas y otras) se espera lograr resultados con las operaciones de control del DAGMA.

Escenario 2

En el mediano y largo plazo (3-10 años y más) La puesta en marcha de programas de transporte masivo, la organización del tráfico urbano y la modernización paulatina del parque automotor permitirán reducir los niveles sonoros generados por el transporte, aunque el crecimiento del parque automotor anulará parcialmente estos beneficios. Los mayores resultados se lograrán a nivel del comercio y la industria, donde el control administrativo y policivo permitirá reducir los niveles sonoros de fuentes puntuales comerciales, industriales e institucionales que sobrepasen las normas. De igual manera, las campañas de educación ambiental deberán dar resultados a nivel del ruido proveniente de actividades domésticas.

1.3.5. Metas y actividades del programa de control del ruido

Control de vehículos: La autoridad del tránsito de la ciudad adelantará un programa permanente de revisión de vehículos ruidosos en la ciudad, incluídas las motos. Los vehículos en mal estado de sincronización, o que tengan sus silenciadores dañados, o tubos de escape rotos, deberán ser multados y sus conductores conminados a realizar las reparaciones o arreglos necesarios en un plazo corto, al cabo del cual deberán presentar el vehículo para revisión en un centro de control.

Se propone que en el corto plazo (1-3 años) se logre una meta de 3.000 vehículos por año. En el largo plazo, se deberá buscar alcanzar una cifra de vehículos revisados del 10% del parque automotor cada año.

Responsable: Secretaría de Tránsito de Cali.

Control de fuentes fijas de ruido: La autoridad ambiental urbana adelantará un programa permanente de identificación de fuentes de ruido de origen comercial, industrial e institucional en toda la ciudad, y medirá los niveles sonoros producidos, con el fin de evaluarlos con respecto a la normatividad vigente. En caso de sobrepasar los límites permisibles, se aplicará el régimen de sanciones previsto en las reglamentaciones ambientales y de policía, las cuales van desde la amonestación y aplicación de multas hasta el cierre del establecimiento y/o la obligación de ejecutar obras de mitigación en viviendas y edificaciones institucionales vecinas afectadas.

En el corto plazo se propone una meta de 100 establecimientos anuales. En el largo plazo, el control deberá cubrir por lo menos el 5% de los establecimientos de la ciudad.

Responsable: DAGMA

Asistencia técnica: Paralelamente con la revisión de fuentes de ruido móviles o fijas, tanto la autoridad de tránsito como el DAGMA brindarán al conductor y/o responsable del establecimiento una asesoría general relativa a las formas de controlar el ruido, esto es: los sistemas de eliminación, reducción o mitigación que puede aplicar, los equipos o aditamentos a utilizar y la forma de aplicación. Para este efecto, la presente propuesta incluye en los capítulo 2 a 6 una guía general de las principales técnicas de control disponibles.

Las metas a lograr en el corto y largo plazo son las mismas propuestas para el control y revisión de fuentes.

Responsables: Secretaría de Tránsito y DAGMA. El DAGMA deberá coordinar con la autoridad de tránsito lo relativo al contenido y formas de prestación de la asistencia técnica para las fuentes móviles.

Monitoreo del ruido: Sin perjuicio de las mediciones de los niveles de ruido producidos por las diversas fuentes bajo control, el DAGMA adelantará una campaña anual de medición de los niveles sonoros en diversos puntos de la ciudad, con muestreos de por lo menos 24 horas de duración, con el fin de determinar los niveles sonoros diurno y nocturno y otros parámetros de utilidad en el control del ruido, en especial el Ldn. Dado que el DAGMA dispone de tres sonómetros, se propone que esta campaña se realice cada año en los mismos puntos utilizados para el diagnóstico del ruido llevado a cabo en el marco del presente estudio (80 puntos), para lo cual sería necesario un período total de un mes.

De acuerdo con lo expuesto, la meta a lograr será de un monitoreo en 80 puntos distribuidos en toda la ciudad, cada año, junto con el procesamiento de la información obtenida y la actualización de los mapas de ruido de la ciudad.

Responsable: DAGMA

Educación y capacitación en ruido: Se propone actuar en dos niveles: general y de empresa.

- *El nivel general* estará enfocado a la educación del público en general, incluidos los conductores de vehículos, sobre fuentes de ruido, efectos sobre el bienestar y la salud, normas vigentes y procedimientos generales de control. Se realizará principalmente a través de una campaña radial permanente, con cuñas especialmente diseñadas para tal fin. En función del presupuesto disponible, esta campaña podrá extenderse a través del canal local de TV. En forma complementaria, se deberá interesar a los medios locales de prensa escrita y radio, para publicar artículos o reportajes sobre problemas de ruido en particular.
- *A nivel de empresa*, el DAGMA buscará que aquellas industrias o establecimientos comerciales cuyos procesos sean generadores de altos niveles de ruido, establezcan un programa permanente de conservación de la audición, con el fin de proteger al personal expuesto al ruido; estos programas deberán constar, en principio, de los siguientes componentes:
 - Fases: encuesta de niveles de ruido en el establecimiento, diseño de controles técnicos y administrativos, capacitación an nivel de trabajadores expuestos, aplicación de sistemas de protección de la audición y seguimiento audiométrico del programa.
 - Adopción de las características técnicas del programa, en especial en lo relativo a: uso obligatorio de aparatos de protección auditiva, selección de aparatos según su eficacia, personal responsable y sistema de comunicaciones internas.
 - Personal participante en el programa a nivel directivo, ejecutivo, de supervisión y trabajadores.
 - Manejo de influencias externas, tales como condiciones de la sede de la empresa, proveedores, clientes, relaciones con la comunidad y otras.

El programa de conservación de la audición deberá estar ligado al programa de asistencia técnica en control del ruido.

Responsable: DAGMA

1.3.6. Aspectos operativos y costos

Control de vehículos: Función adicional de la policía de tráfico. No genera costos nuevos. Tal vez se requiera un convenio de colaboración entre el DAGMA y la autoridad de tránsito.

Control de fuentes fijas de ruido, asistencia técnica y monitoreo: Se un ingeniero y dos tecnólogos de tiempo permanente durante todo el año. Este equipo deberá elaborar una programación detallada de sus actividades para cada período anual.

Educación y capacitación en ruido: Las campañas de educación a nivel de prensa, radio y TV serán contratadas o ejecutadas a través del servicio de prensa del DAGMA. La promoción de los programas de conservación de la audición a nivel de empresas formarán parte de la asistencia técnica del DAGMA.

Equipos: Se requiere contar con los siguientes equipos:

- Tres sonómetros (ya disponibles)
- Un vehículo y dos motos
- Un computador
- Una impresora
- Servicios de oficina permanentes para tres funcionarios

Costos: Los costos de las actividades nuevas para las que no existen recursos serán los siguientes, en el DAGMA (en la Secretaría de Tránsito no son necesarios costos adicionales):

- Primer año: \$ 130.704.000
- Segundo año en adelante: \$ 92.704.000 (+ ajuste por inflación)

Los costos del primer año están representados en:

- Equipos: \$ 38.000.000
- Personal: \$ 62.640.000
- Costos administrativos: \$ 10.064.000
- Contratos: \$ 20.000.000

A partir del segundo año, no habrá costos por equipos.

1.4. ZONIFICACIÓN PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO

De acuerdo con los resultados del diagnóstico del ruido en la ciudad de Cali, llevado a cabo en la primera etapa de este estudio, la principal fuente de la polución sonora en la ciudad es el tráfico automotor, seguida de las fuentes de tipo comercial (almacenes de discos, discotecas, bares, tiendas, altavoces, pregoneros y similares). Una característica del ruido generado por el tráfico automotor es que afecta a todas las zonas de la ciudad, si bien en los sectores comerciales hace sinergia con el ruido propio de los comercios. La industria no es una fuente de ruido de especial importancia, aunque la pequeña industria callejera y familiar que se lleva a cabo en las viviendas y, en algunos casos, en las calles, causa molestias a la población. Algunos usos institucionales, como las escuelas y colegios, los cuarteles de policía y los centros deportivos también son considerados por algunos segmentos de la población como generadores de molestias por ruido. En las zonas residenciales, las principales causas de molestia son los equipos de sonido a alto volumen, las fiestas nocturnas, el ruido de los niños en las calles y, especialmente en sectores populares, el ruido de tiendas y talleres domésticos.

Por lo anterior, la presente propuesta de control ambiental del ruido ha contemplado una zonificación de la ciudad en cinco grandes sectores, a saber:

- Corredores viales
- Zonas comerciales
- Zonas industriales
- Zonas institucionales
- Zonas residenciales

El plano No 1 anexo muestra la delimitación de cada una de estas zonas, realizada en función de los resultados del diagnóstico y de la normatividad vigente sobre usos del suelo. No obstante, una vez se apruebe el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad, los límites de algunas de estas zonas podrán cambiar.

En los capítulos que siguen, en cada una de estas zonas se identifican las fuentes de ruido y se proponen medidas de control, tanto en período diurno como nocturno.

2. CONTROL DE RUIDO DEL TRÁFICO AUTOMOTOR

Dado que el componente más notorio en el espectro de la contaminación auditiva en todas las zonas (comercial, residencial, institucional, industrial) proviene de la operación de vehículos automotores, a continuación se dan las pautas necesarias para mitigar el ruido generado por esta fuente.

2.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE

El ruido producido por un vehículo (automóviles, camiones medios y camiones pesados) es generado por los componentes propios del vehículo (sistemas de propulsión, rodadura, neumáticos y sistemas auxiliares), así como por las condiciones del tráfico automotor. Cada uno de estos sistemas influye por intermedio de sus componentes, así:

Sistema de propulsión:

- Motor
- Silenciador y tubería del exhosto

Sistemas de rodadura:

- Interacción ruedas y superficie del pavimento

Sistemas neumáticos:

- Frenos accionados por aire comprimido.
- Bocinas de aire (cornetas): accionadas con el sistema de aire comprimido del vehículo

Sistemas auxiliares:

- Pito, bocinas y sirenas
- Alarmas

Tráfico:

- Congestión de vehículos en horas pico (7 – 9 A.M) y (5 – 7 P.M)
- Congestión de vehículos en las vías de acceso a la ciudad en días festivos
- Congestión de vehículos causada por mal estado de las vías.
- Congestión de vehículos causada por desobediencia a las señales de tráfico
- Congestión de vehículos causada por señales de tráfico en mal estado
- Congestión de vehículos causada por practicas inadecuadas de conducción
- Congestión de vehículos causada por accidentes
- Congestión de vehículos causada por vehículos dañados
- Congestión de vehículos causada por paso de peatones
- Congestión de vehículos causada por inundación de la calzada por aguas lluvias.
- Congestión de vehículos causada por reparación y/o mantenimiento de las vías
- Congestión de vehículos causada por vías insuficientes o cuya capacidad ya fue desbordada.
- Congestión de vehículos causada por crecimiento del parque automotor
- Congestión de vehículos causada por vehículos de tracción animal (zorras).

2.2. LEGISLACION VIGENTE

El ruido generado por un vehículo se puede cuantificar y sancionar bajo las especificaciones que se encuentran en el artículo 36, capítulo IV de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, proferida por el Ministerio de Salud.

Igualmente, el uso indiscriminado de bocinas, pitos y sirenas se sancionan bajo el artículo 32 de la resolución anteriormente citada.

La obligatoriedad del uso de silenciadores viene dada por el artículo 40 de la misma resolución.

2.3. MEDIDAS DE MITIGACION

2.3.1. Sistema de propulsión

2.3.1.1. Motor

Dado que el ruido producido por un vehículo es función de su régimen de funcionamiento (velocidad del motor en RPM), un correcto ajuste del reglaje en los sistemas de alimentación de combustible garantiza un correcto régimen de revoluciones del motor y por lo tanto el menor ruido posible. La Autoridad Ambiental debe exigir un certificado de sincronización del vehículo, dos veces al año.

2.3.1.2. Silenciador

Debido a que gran parte del ruido de un motor es producido en el escape pulsante del motor, este ruido es reducido a un nivel aceptable usando el silenciador de escape establecido por el fabricante o ensamblador del vehículo, el cual no debe presentar fisuras o estar deformado por golpes. Bajo ninguna razón ningún vehículo debe transitar sin silenciador (Fig. 1).

2.3.1.3. Tubería del exhosto

Debe encontrarse en condiciones operativas aceptables (sin grietas o agujeros) y sin ninguna salida adicional a las establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo (Fig. 1).

2.3.1.4. Resonadores

Son artefactos que se instalan en el tubo terminal del exhosto, con la finalidad de aumentar el ruido generado por el vehículo (no aumenta la potencia del vehículo, ni es un equipo recomendado por las fábricas y ensambladoras). Se recomienda por consiguiente retirar y decomisar estos elementos.

2.3.2. Sistemas de rodadura y aerodinámicos

2.3.2.1. Interacción ruedas - superficie del pavimento

Depende de la velocidad del vehículo en kilómetros por hora. Para evitar altos niveles de ruido se recomienda transitar en zonas urbanas a velocidades inferiores a 50 kilómetros por hora para camiones grandes y medianos, e inferior a 60 kilómetros por hora para automóviles.

En el caso de camiones de carga grandes, medianos y pequeños de estacas, se debe obligar a que la carpa nunca vaya suelta, dado que el constante movimiento de la carpa crea un ruido desagradable.

Además se debe procurar un buen estado de la calzada, libre de baches, grietas y adecuados sistemas de drenaje de aguas lluvias.

2.3.3. Sistemas neumáticos

2.3.3.1. Frenos

Los vehículos equipados con frenos accionados por aire comprimido (camiones medianos y grandes, buses) siempre producen ruido dado que este es inherente a su forma de operación, que deja escapar la sobrepresión en el momento de accionar el freno. No hay ley que los prohíba o controle, pero se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- Que el sistema de freno de aire comprimido sea el establecido por el fabricante o ensamblador del vehículo, en función del tonelaje de carga.
- Que se dé un adecuado mantenimiento al sistema de frenos y aire comprimido (compresor, filtros, mangueras, válvulas y silenciadores)

2.3.3.2. Bocinas de aire (cornetas)

Éstas son accionadas con el sistema de aire comprimido del vehículo. Se recomienda prohibir el uso de estos artefactos en toda circunstancia en zona urbana. Estos mecanismos no son inherentes al diseño original establecido por el fabricante o ensamblador del vehículo.

2.3.4. Sistemas auxiliares

2.3.4.1. Pito, bocinas y sirenas

Se debe educar a la población sobre su correcto uso, mediante calcomanías (que recuerden al conductor sobre su mal uso) en el vidrio frontal y campañas educativas.

2.3.4.2. Alarmas

Se debe procurar un uso responsable y que no sean excesivamente sensibles; algunas veces la calibración no es la adecuada y se disparan con cualquier movimiento ejercido involuntariamente sobre el vehículo. Asimismo se recomienda dar un mantenimiento preventivo adecuado a las alarmas, para que no se disparen accidentalmente.

De otro lado, se debe fomentar el uso de sistemas de seguridad diferentes, no basados en señales acústicas, tales como candados para la barra de cambios, manubrio, seguros que corten la alimentación de combustible y sistemas de rastreo, entre otros.

2.3.5. Tráfico

2.3.5.1. Congestión de vehículos en horas pico (7 – 9 A.M) y (5 – 7 P.M)

Se recomienda establecer en las vías mas congestionadas el contraflujo de vehículos, en el cual se destinan 1 o más carriles de la calzada sobre la cual el tráfico es menor para atender el tráfico de la calzada contraria. De esta forma se agiliza el tráfico y se ejecuta un manejo más eficiente de las vías. Al momento de establecer este tipo de medida se deben llevar a cabo campañas educativas, para educar a los conductores y peatones (es frecuente el atropellamiento de personas, dado que la gente olvida que hay contraflujo en un momento dado, e intenta cruzar una vía mirando hacia el lado hacia el cual el tráfico es habitual) (Fig 2)

Es conveniente, si la situación lo amerita, ejecutar restricción vehicular horaria por número de placa.

Se recomienda incentivar el uso eficiente de la capacidad de carga de los vehículos, en tal forma que el vehículo transporte al conductor y al menos uno dos acompañantes.

2.3.5.2. Congestión de vehículos en las vías de acceso a la ciudad en días festivos

Se recomienda igualmente establecer en las principales vías de acceso el contraflujo de vehículos, en 1 o más carriles de la calzada sobre la cual el tráfico es menor.

2.3.5.3. Congestión de vehículos causada por mal estado de las vías

Se deben ejecutar planes de mantenimiento preventivo en los siguientes aspectos:

- Controlar mediante básculas el paso de camiones que sobrepasen el peso que pueden soportar las vías, con el fin de evitar grietas y fallas en la calzada.
- Durante la construcción o reparación de vías, llevar a cabo interventorías serias que obliguen a seguir los códigos y normas de construcción requeridos.
- Controlar las aguas lluvias, mediante un buen sistema de drenaje.
- Cuando por una razón u otra alguna empresa pública tenga que romper la calzada para hacer un tendido de tubería, se la debe obligar a reparar de una manera técnica la calzada, y exigir la presencia de un interventor experto en reparación de vías.
- Evitar sembrar árboles de tamaño tal que sus raíces puedan deformar la calzada.
- La reparación y el mantenimiento de las vías se debe llevar a cabo en horario nocturno o en horas de menor tráfico y nunca en horas pico.

2.3.5.4. Congestión de vehículos causada por desobediencia a las señales de tráfico

Se deben llevar a cabo fuertes campañas policivas para educar a la población en cuanto al respeto de las señales de tráfico. Se pueden instalar cámaras de vídeo ocultas en los sitios de mayor congestión, para tomar fotografías de los infractores y multarlos.

2.3.5.5. Congestión de vehículos causada por señales de tráfico en mal estado:

Cualquier señal de tráfico en estado tal que no sea visible, o cuyo significado genere duda, se debe reparar o cambiar.

Las señales de tránsito que estén ocultas por arboles, vallas u otros, deben ser reubicadas.

2.3.5.6. Congestión de vehículos causada por prácticas inadecuadas de conducción:

Se recomienda multar severamente a los conductores que usen la calzada de tráfico rápido a bajas velocidades.

Se recomienda multar severamente a los conductores que ejecuten giros a la izquierda en intersecciones.

Los buses en lo posible deben ir en la calzada de tráfico lento.

Los buses deben parar en los paraderos establecidos.

2.3.5.7. Congestión de vehículos causada por accidentes

Se recomienda que las autoridades ejecuten la remoción de restos, levantamiento de muertos y colección de información en el menor tiempo posible.

2.3.5.8. Congestión de vehículos causada por vehículos dañados

Las autoridades de tránsito deben disponer de grúas (o medios manuales) para retirar los vehículos varados de la vía, colocándolos en la berma, o bahías adyacentes a la vía,

Se debe concientizar a la ciudadanía para que, en caso de pinchadas, el cambio de llanta se ejecute en la berma o bahías adyacentes a la vía.

2.3.5.9. Congestión de vehículos causada por vehículos de tracción animal (zorras):

Se recomienda impartir un curso a los propietarios de vehículos de tracción animal, en el cual aprendan normas básicas de tránsito.

Se recomienda la imposición de multas por conducción inadecuada (guiar la zorra por el carril de alta velocidad, ejecutar giros indebidos y otras que la autoridad de tránsito considere necesarias) (Fig.3).

2.3.5.10. Congestión de vehículos causada por paso de peatones

Los peatones deben cruzar las autopistas, avenidas y vías en general únicamente en los sitios establecidos (puentes peatonales y cebras) y en el momento en que el semáforo o el policía de tráfico lo indique.

Los peatones deben transitar sobre los andenes, y nunca invadir la calzada.

2.3.5.11. Congestión de vehículos causada por inundación de la calzada por aguas lluvias

Se debe llevar a cabo un mantenimiento preventivo del sistema de drenaje de aguas lluvias, con el fin de evitar encharcamientos en época de lluvias que reduzcan la velocidad de los vehículos.

2.3.5.12. Congestión de vehículos causada por vías insuficientes o cuya capacidad ya fue desbordada.

Se recomienda ejecutar campañas publicitarias, en las cuales se le comunique a la ciudadanía sobre rutas alternas.

Se debe ejecutar un estudio sobre la posibilidad de remodelar dichas vías, haciéndolas más anchas.

2.3.5.13. Congestión de vehículos causada por crecimiento del parque automotor:

Se recomienda adelantar programas de ampliación de la red vial, en tal forma que se tenga en cuenta el crecimiento de la población y del parque automotor, así como crear un sistema eficiente de transporte masivo. Asimismo son aplicables las recomendaciones dadas arriba tendientes a desincentivar el uso del vehículo particular, a aumentar su nivel de ocupación y a crear un sistema de transporte masivo eficiente en la ciudad.

3. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS COMERCIALES

3.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE

A continuación se describen las principales fuentes de ruido en zonas comerciales, tanto en horario diurno como nocturno.

Horario diurno

- Ruido generado por vehículos automotores
- Ruido generado por el uso de altavoces, altoparlantes, silbatos, sirenas, campanas y timbres como medio para promocionar ventas callejeras.
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales como medio para promocionar la venta de música grabada, equipos de sonido, televisores y instrumentos musicales.
- Venta de productos anunciados por pregoneros
- Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición.
- Eventos populares tales como cabalgatas y eventos relacionados al periodo de ferias.

Horario nocturno

- Ruido generado por vehículos automotores
- Ruido generado por el uso de altavoces, altoparlantes, silbatos, sirenas, campanas y timbres como medio para promocionar ventas callejeras.
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales como medio para promocionar la venta de música grabada, equipos de sonido, televisores y instrumentos musicales.
- Actividad de sitios de recreación nocturna tales como discotecas, bares, tabernas, ferias mecánicas y circos.
- Eventos populares tales como conciertos ejecutados en parques, estadios y sitios de reunión..

3.2. LEGISLACION VIGENTE

En los capítulos III y IV de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, expedida por el Ministerio de Salud se establece la normatividad aplicable para ruido en zonas comerciales.

3.3. MEDIDAS DE MITIGACION RECOMENDADAS

3.3.1. Horario diurno

3.3.1.1. Ruido generado por vehículos automotores

Se recomiendan las mismas medidas expuestas en la sección 2.3.3. sobre ruido de automotores.

3.3.1.2. Ruido generado por el uso de altavoces, altoparlantes, silbatos, sirenas, campanas (camiones expendedores de gas propano al detalle) y timbres como medio para promocionar ventas callejeras

Se recomienda el decomiso, multa o uso restringido de estos elementos, posterior a una campaña educativa en la cual se comunique a los comerciantes y a la comunidad en general las molestias que la contaminación auditiva generada por el uso de estos artefactos produce en la comunidad.

3.3.1.3. Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales como medio para promocionar la venta de música grabada, equipos de sonido, televisores y instrumentos musicales

Se recomiendan seguir las siguientes pautas por parte de comerciantes de esta área:

Recomendaciones operativas

- La promoción de música grabada (discos compactos, cassettes), equipos de sonido, televisores, se debe hacer dentro del recinto o local. Los parlantes deben estar ubicados y orientados lejos de la entrada al local, ventanas cuya apertura sea posible o ventiladores que comuniquen al exterior.
- El acceso al local debe ser mediante la apertura manual o automática de puertas que sólo se abran cada vez que un cliente entre y salga. La puerta se debe equipar con un mecanismo de cierre automático mecánico o eléctrico (fig.4).
- Se debe evitar el uso de instrumentos electrónicos que incrementen los tonos graves ó frecuencias bajas (inferiores a 250 Hz), tales como subwoofers.
- El ecualizador debe fijarse preferiblemente en frecuencias medias, evitando los tonos altos ó frecuencias altas (superiores a 2000 Hz).

Recomendaciones arquitectónicas

A continuación se presenta un conjunto de pautas a nivel constructivo, que permiten ejecutar una mitigación adecuada del ruido generado en estos establecimientos. Para mayores detalles, referirse a la sección 5.3.1.1.

Puertas

Se recomienda la instalación de puertas combinadas de lámina metálica y vidrio, las cuales están constituidas por peinazos elaborados en lámina metálica y cuerpo en vidrio. La recomendación para mitigar de ruido se apoya científicamente en la ley de masas, según la cual a mayor peso, mayor aislamiento; el aumento de la masa de la puerta aumentará entonces la pérdida por transmisión sonora (fig.4)

Los materiales recomendados son:

- Vidrio: monolítico, espesor mínimo de 8 mm

- Empaque: en neopreno alrededor del vidrio, con el fin de proporcionar un ajuste (del vidrio al peinazo) y un aislamiento sonoro eficientes. Igualmente se debe ejecutar un sello adicional con silicona alrededor del vidrio, sobre el empaque.
- Barredera: en vinil o banda de caucho; con el fin de proporcionar un aislamiento sonoro eficiente para frecuencias altas.
- Peinazo y/o parte metálica de la puerta: en doble lámina Cold Rolled, calibre 18 o perfiles estandarizados para puertas metálicas destinadas a locales comerciales, preferiblemente con relleno de material acústico (lana mineral o similar)

Ventanas

La recomendación para mitigar de ruido se apoya científicamente en la ley de masas mencionada anteriormente (fg.4)

Los materiales recomendados son:

- Vidrio: laminado (referencia 33.1) espesor 6 mm.
- Empaque: en neopreno alrededor del vidrio, con el fin de proporcionar un ajuste (del vidrio al marco) y un aislamiento sonoro eficientes. Igualmente se debe ejecutar un sello adicional con silicona alrededor del vidrio, sobre el empaque.
- Las ventanas combinadas (parte en lámina y parte en vidrio) podrán recibir el mismo tratamiento indicado para las puertas.

3.3.1.4. Venta de productos anunciados por pregoneros

Se recomienda la aplicación de sanciones o multas, posteriores a una campaña educativa en la cual se comunique a los comerciantes y a la comunidad en general las molestias causadas por la contaminación auditiva generada por la acción de pregoneros.

3.3.1.5. Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición

Se deberá exigir que los equipos utilizados para la construcción, reparación o trabajos de demolición, tales como martillos vibratorios y maquinaria pesada en general, tengan sistemas adecuados de control del ruido (silenciadores), en tal forma que no incumplan las normas establecidas en la Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983. En casos necesarios, se utilizará barreras de aislamiento de tales equipos, que permitan absorber el sonido o reflejarlo hacia el espacio. Se prohibirá el uso u operación de estos equipos durante el período nocturno, excepto para realizar obras de emergencia, según lo establecido en el artículo 10 de la misma resolución.

3.3.1.6. Eventos populares tales como cabalgatas y eventos relacionados al período de ferias

En lo posible, no se deberá otorgar permisos para cabalgatas, marchas y otros eventos ruidosos en zonas residenciales. Éstos deberán llevarse a cabo preferencialmente en zonas comerciales, a lo largo de vías arterias y/o en plazas públicas de piso duro. Los altavoces deberán estar graduados en forma tal que no sobrepasen en más de 10 dB los niveles promedios permitidos para la zona.

287

284

3.3.2. Horario nocturno

3.3.2.1. Ruido generado por vehículos automotores

Se recomiendan las mismas medidas expuestas en la sección 2.3.3. sobre ruido de automotores.

3.3.2.2. Actividad de sitios de recreación nocturna tales como discotecas, bares, tabernas, ferias mecánicas y circos.

Recomendaciones operativas

- La ejecución de música grabada en equipos de sonido, o presentaciones en vivo de conjuntos musicales, se debe hacer dentro del recinto o local. Los parlantes deben estar ubicados y orientados lejos de la entrada al local, ventanas cuya apertura sea posible o ventiladores que comuniquen al exterior.
- El acceso al local debe ser mediante la apertura manual o automática de puertas que sólo se abran cada vez que un cliente entre y salga. La puerta se debe equipar con un mecanismo de cierre automático mecánico o eléctrico.
- Las ventanas cuya apertura sea posible deben permanecer cerradas.
- Se debe evitar el uso de instrumentos electrónicos que incrementen los tonos graves ó frecuencias bajas (inferiores a 250 Hz), tales como subwoofers.
- El ecualizador debe fijarse preferiblemente en frecuencias medias, evitando los tonos altos ó frecuencias altas (superiores a 2000 Hz).
- No se aconseja la silletería tapizada o en cuero, dado que absorbe el sonido generado por el equipo de sonido, obligando a aumentar el volumen. Es preferible utilizar silletería de madera, plástico o metal sin tapizar.

Recomendaciones arquitectónicas

A continuación se presenta un conjunto de pautas a nivel constructivo, que permiten ejecutar una mitigación adecuada del ruido generado en estos establecimientos, para detalles en profundidad, referirse al apartado 5.3.1.1 de esta guía.

Puertas

Se recomienda la instalación de puertas combinadas lamina (metálica) y vidrio, las cuales están constituidas por peñazos elaborados en lámina metálica y cuerpo en vidrio. La recomendación para mitigar de ruido se apoya científicamente en la ley de masas, según la cual a mayor peso, mayor aislamiento; el aumento de la masa de la puerta aumentará entonces la pérdida por transmisión sonora (fig.4)

Los materiales recomendados son:

- Vidrio: laminado (referencia 33.1), espesor 6 mm.

285

- Empaque: en neopreno alrededor del vidrio, con el fin de proporcionar un ajuste (del vidrio al peinazo o marco) y un aislamiento sonoro eficientes. Igualmente se debe ejecutar un sello adicional con silicona alrededor del vidrio, sobre el empaque.
- Barredera: en vinil o banda de caucho, con el fin de proporcionar un aislamiento sonoro eficiente para frecuencias altas.
- Peinazo puerta: en doble lamina Cold Rolled, calibre 18, o perfiles estandarizados para puertas metálicas destinadas a locales comerciales, relleno de material acústico (lana mineral o similar).

Ventanas

La recomendación para mitigar de ruido se apoya científicamente en la ley de masas ya mencionada (fig.4).

Los materiales recomendados son:

- Vidrio: : laminado (referencia 33.1), espesor 6 mm.
- Empaque: en neopreno alrededor del vidrio, con el fin de proporcionar un ajuste (del vidrio al peinazo) y un aislamiento sonoro eficientes. Igualmente se debe ejecutar un sello adicional con silicona alrededor del vidrio, sobre el empaque.
- Las ventanas combinadas (parte en lámina y parte en vidrio) podrán recibir el mismo tratamiento indicado para las puertas.

Muros

El tratamiento se centra únicamente sobre los muros internos que son limitantes con el exterior (la calle), haciendo énfasis en el trabajo sobre muros en bloque o ladrillo hueco y sin pañete, o con el pañete en muy mal estado (fig.13)

Los materiales recomendados son:

- *Pañete termo-acústico*: se recomienda usar thermo-acustilita (vermiculita exfoliada) dado que por su alta superficie específica, una pulgada de concreto aligerado con thermo-acustilita puede llegar a tener un valor de aislamiento acústico similar al de 20" (~50 centímetros) de concreto regular. La proporción cemento : thermo-acustilita debe ser de 1:3 – 1:9, con espesor del pañete de 2.5 centímetros. Este producto es inerte, no corrosivo, no inflamable, incombustible, inodoro, no se descompone, no ayuda al crecimiento de insectos, hongos, bacterias o roedores. No es tóxico, no emite gases, ni humos, libre de asbestos, no es irritante y no contribuye a la condensación de la humedad ambiental.
- *Pintura en vinilo*: la superficie del pañete termo-acústico en lo posible no debe ser pintada (si se pinta debe ser con una pintura a base de agua), dado que no se debe sellar la superficie porosa que ofrece el pañete.

Cielo rasos

4. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS INDUSTRIALES

4.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE

4.1.1. Horario diurno / nocturno

- Ruido generado por vehículos automotores
- Ruido generado por la operación de maquinarias y herramientas tales como troqueladoras, punzonadoras, tornos, fresadoras, prensas hidráulicas, taladros y otras..
- Maquinaria industrial como embaladoras, molinos de martillo, molinos de bolas.
- Ruido generado por equipos que manejan fluidos tales como bombas, compresores, turbinas, calderas y equipos auxiliares como tuberías, válvulas de seguridad y de alivio, filtros.
- Ruido generado por procesos que implican transporte de materiales al granel tales como bandas transportadoras, elevadores de cangilones, tornillos, sistemas neumáticos.
- Sistemas de aire acondicionado, ventilación y refrigeración industrial.
- Maniobras de manejo de materiales tales como carga de tractomulas y montacargas

4.2. LEGISLACIÓN VIGENTE

En los capítulos III y IV de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, expedida por el Ministerio de Salud se puede encontrar la normatividad aplicable a ruido en zonas industriales.

4.3. MEDIDAS DE MITIGACION RECOMENDADAS

4.3.1. Horario diurno / nocturno

Las prácticas que se recomiendan a continuación tienen que ver con el control de ruido en la fuente, dado que es el más eficiente y aporta ventajas adicionales al proceso industrial que se ejecute, dado que involucra buenas prácticas de mantenimiento. En las recomendaciones que se dan a continuación no se incluyen pautas acerca de medidas de mitigación a nivel arquitectónico (puertas, muros, ventanas y cielo rasos) dado que no es práctico aplicar este tipo de control a nivel industrial.

4.3.1.1. Ruido generado por vehículos automotores

Se recomiendan las mismas medidas expuestas en la sección 2.3.3. sobre ruido de automotores.

4.3.1.2. Ruido generado por la operación de máquinas y herramientas

Para máquinas y herramientas de impacto como troqueladoras y punzonadoras, se recomienda (fig.5).

- Montar la máquina sobre aisladores de vibración e impacto, bloques de inercia y/o reducir las fuerzas de impacto, modernizar la maquinaria

288

- Hacer un buen mantenimiento preventivo.

Para máquinas y herramientas de corte como tornos, fresadoras, prensas hidráulicas, taladros y similares, se recomienda:

- Montar la máquina sobre aisladores de vibración y utilizar donde sean necesario bloques de inercia.
- Modernizar la maquinaria (con aislamiento total en el área de corte)
- Hacer un buen mantenimiento preventivo
- Reducir el desequilibrio en las partes rotatorias de estos equipos

Para maquinaria industrial como molinos de martillos, molinos de bolas, trituradoras y similares se recomienda:

- Montar la maquina sobre aisladores de vibración y de impacto y utilizar donde sean necesario bloques de inercia
- Reducir el desequilibrio en las partes rotatorias de estos equipos
- Ejecutar un aislamiento parcial o total sobre este tipo de equipos
- Hacer un buen mantenimiento preventivo

4.3.1.3. Ruido generado por equipos que manejan fluidos

Se trata de bombas, compresores, turbinas, calderas y similares, para los cuales se recomienda (Fig.6) :

- Montar la máquina sobre aisladores de vibración, o utilizar donde sean necesario bloques de inercia
- Reducir el desequilibrio en las partes rotatorias de estos equipos
- Ejecutar un buen mantenimiento preventivo.
- Verificar la alineación entre diversos equipos conectados, usar acoples flexibles, con el fin de que absorba la vibración del equipo motor y no la transmita.
- En el caso de compresores es importante el uso de silenciadores y hacer un aislamiento o cerramiento parcial o total del mismo.
- En sistemas auxiliares como tuberías, válvulas y similares se recomienda insertar conexiones flexibles entre la máquina y los conductos, cables, tuberías o vías de trabajo conectadas a ella.
- En válvulas de seguridad y de alivio, filtros y similares se recomienda una calibración adecuada y un mantenimiento preventivo eficiente.
- En instalaciones industriales es necesario reducir el ruido producido por la salida de los gases al exterior, en ocasiones a altas presiones o por la expulsión de calderas de aire caliente, para lo cual se deben emplear silenciadores para venteo de vapor o aire comprimido, entre otros.

4.3.1.4. Ruido generado por procesos que implican transporte de materiales a granel

Se trata de procesos tales como bandas transportadoras, elevadores de cangilones, tornillos, sistemas neumáticos y similares, para los cuales se recomienda:

289

- Montar los apoyos del equipo sobre aisladores de vibración
- Reducir el desequilibrio en las partes rotatorias de estos equipos
- Evitar el desalineamiento en transmisiones de gran distancia
- Verificar el estado de las fundaciones
- Utilizar donde sea necesario bloques de inercia y ejecutar buenas prácticas de mantenimiento preventivo.

4.3.1.5. Sistemas de aire acondicionado y ventilación:

Los elementos que generan mayor cantidad de ruido son los ventiladores (de propulsión - en el sistema de propulsión de aire- y el ventilador de retorno - en el sistema de retorno de aire). El ruido es generado por las turbulencias existentes en el interior de la carcasa y varía según el tipo de ventilador. Además se presentan ruidos como consecuencia del desajuste de los diversos elementos que conforman el ventilador. Entre las prácticas sugeridas para mitigar el ruido producido por los ventiladores están:

- Procurar un funcionamiento del ventilador en las condiciones donde presente la mayor eficacia (depende de un buen diseño inicial y de la operación que se ejecute sobre el sistema), lo cual disminuye los ruidos generados por las turbulencias al interior de la carcasa.
- Dar un mantenimiento adecuado de los ventiladores, que incluya estado de rodamientos (nivel de lubricante), vibración de la carcasa y rodamientos, tensión y desgaste de las correas, alineamiento de los acopladores, alineamiento y sentido de giro del rodete, desgaste y acumulación de material sobre las palas, buen balanceo de las partes rotatorias con mayor inercia.
- Instalar aisladores de vibración y bloques de inercia, si es necesario, para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones no deseados.
- Usar conexiones flexibles entre el ventilador y el conducto principal.
- Para sistemas de refrigeración industrial se recomienda llevar a cabo las prácticas sugeridas para sistemas de aire acondicionado, ventilación y equipos que manejan fluidos.
- Usar silenciadores para ventiladores de succión y descarga.

4.3.1.6. Maniobras de manejo de materiales

Se trata de actividades tales como carga de tractomulas y montacargas. En una fábrica o cualquier local donde se lleve a cabo un proceso industrial es común el movimiento de materias primas, productos finales y productos intermedios, mediante el uso de montacargas y camiones a la salida y entrada de la fábrica. El uso de estos equipos genera ruido de tipo automotor, tanto al interior como al exterior de la fábrica. Para disminuir dicho ruido, se requiere seguir las siguientes pautas:

- Seguir las recomendaciones en cuanto a control de ruido automotor explicadas anteriormente.
- En labores de carga y descarga, se debe mantener el motor del camión apagado.
- Las labores de carga y descarga deben en lo posible ser mecanizadas o ser de corta duración, con el fin de disminuir el tiempo de exposición a ruidos.

- Tener maniobras de parqueo rápidas y eficientes, lo cual se logra mediante bahías de carga y descargue con un diseño adecuado, que faciliten la maniobra de los camiones de carga.

5. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS RESIDENCIALES

5.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE

Las contribuciones de ruido varían en función del estrato socio-económico.

Estratos altos y medios

Horario diurno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de los habitantes.
- Venta de productos anunciados por pregoneros
- Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición.
- Presencia de perros que hacen sentir su ladrido.
- Uso de electrodomésticos como licuadoras, brilladoras y aspiradoras.

Horario nocturno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de los habitantes.
- Actividad de sitios de recreación nocturna tales como discotecas, bares, tabernas.
- Eventos populares tales como conciertos ejecutados en parques, estadios y sitios de reunión.
- Ladridos de perros.
- Operación de equipos de reparación (martillos, taladros).

Estratos bajos

Horario diurno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de los habitantes.
- Venta de productos anunciados por pregones
- Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición.
- Ladridos de perros.
- Uso de electrodomésticos como licuadoras, brilladoras y aspiradoras.
- Las vías son usadas como lugar de trabajo por los adultos, especialmente para talleres de ornamentación, mecánica.
- Las vías son usadas como lugar de recreación por los niños.
- El uso de la vivienda se adapta como lugar de trabajo en industria familiar, generando ruidos de maquinas herramienta.

292

Horario nocturno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de los habitantes.
- Actividad de sitios de recreación nocturna tales como discotecas, bares, tabernas o tiendas.
- Eventos populares tales como conciertos ejecutados en parques, estadios y sitios de reunión.
- Ladridos de perros.
- Operación de equipos de reparación (martillos, taladros) o maquinas herramientas en las industrias familiares.

5.2. LEGISLACION VIGENTE

En los capítulos III y IV de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, expedida por el Ministerio de Salud se puede encontrar la normatividad aplicable a ruido en zonas residenciales.

5.3. MEDIDAS DE MITIGACION RECOMENDADAS

5.3.1. Ruido generado por vehículos automotores y aviones

Además de las medidas de control directo sobre el tráfico y los vehículos expuestas en el apartado 2 de esta guía, son aplicables las siguientes recomendaciones para la reducción de los niveles de ruido al interior de las viviendas, especialmente a lo largo de los ejes viales de tráfico intenso y cerca de aeropuertos o estaciones de ferrocarril.

En el caso de motocicletas de alto cilindraje (500 centímetros cúbicos y superiores), se recomienda restringir su circulación en horarios nocturnos dada la alta cantidad de ruido generada.

Por razones de economía y sentido práctico, sólo se deben ejecutar obras de mitigación (instalar o reemplazar aislamientos acústicos en ventanas, puertas, muros y cielorasos) en áreas de descanso, esto es habitaciones y áreas de estudio, excluyendo áreas comunes como salas, comedores, corredores, cocinas y garajes.

5.3.1.1. Soluciones de mitigación del ruido para ventanas

a) Aumento del grosor o espesor del cristal que conforma las naves de las ventanas

Esta solución consiste en reemplazar el cristal normal de las ventanas por un cristal más grueso (8-10 mm) o por cristal laminado, el cual está constituido por capas de vidrio unidas mediante finas láminas de plástico, que mejoran la pérdida por transmisión para frecuencias próximas al efecto de coincidencia. La principal ventaja del vidrio laminado sobre el vidrio grueso es que la laminilla de plástico amortigua o disipa la energía vibratoria entre las capas de vidrio (fig.7), aumentando así las pérdidas por transmisión del ruido.

En Colombia se puede contar con un vidrio de seguridad y control acústico compuesto por dos o más láminas de cristal, entre las cuales se intercala una o más películas de polivinil butiral de 0,38 mm. Una vez ensamblado se somete a un proceso de presión y temperatura, logrando así un elemento compacto y perfectamente transparente.

El sólo uso del vidrio laminado no es suficiente. Es absolutamente indispensable la estanqueidad entre el vidrio y el marco de la ventana, mediante el uso de empaques de neopreno y un buen pisavidrio, para poder garantizar el aislamiento con el cristal acústico

El uso del vidrio laminado ofrece otras ventajas adicionales:

- Reduce el riesgo de lesiones personales al no producir esquirlas por impacto o rotura.
- Mayor resistencia a la penetración de objetos externos, reduciendo el riesgo de lesiones personales o daños a propiedad.
- Por la variedad de gamas en la composición de espesores se logran diferentes grados de protección.
- Control solar y control térmico.

Los materiales a utilizar son:

- Cristal laminado de dos capas (33.1, 44.1 o 55.1: los primeros 2 números indican el espesor de los vidrios, el último número indica el espesor de la película de polivinil).
- Empaque de látex o neopreno y/o masilla.
- Tornillos
- Pisavidrios.
- Silicona

La aplicación de esta alternativa incluye, entre otros los siguientes pasos:

Para las naves fijas:

- Retiro de los pisavidrios o la masilla que fija el vidrio existente.
- Retiro del cristal existente en la ventana.
- Limpieza perfecta del marco de la ventana.
- Instalación de un empaque de látex o caucho sobre el marco para garantizar la hermeticidad entre éste y el cristal y suministrar un sistema de amortiguación de vibraciones.
- Instalar vidrio laminado garantizando que sus bordes queden rodeados por el empaque.
- Fijar el vidrio mediante el pisavidrios con sus respectivos tornillos, teniendo el cuidado de que éste suministre una presión adecuada al vidrio para garantizar la hermeticidad.
- Una vez colocado el cristal, aplicar silicona en los bordes y por ambas caras para eliminar cualquier probabilidad de orificios que permitan la filtración del ruido.

Para las naves de abrir con marco móvil en ángulo.

- Retiro de la masilla que fija el vidrio existente.

- Retiro del cristal existente en la nave.
- Limpieza perfecta del marco de la nave.
- Instalación de un empaque de látex o caucho sobre el marco para garantizar la hermeticidad entre éste y el cristal y suministrar un sistema de amortiguación de vibraciones.
- Instalar el nuevo vidrio laminado garantizando que sus bordes queden rodeados por el empaque.
- Fijar el vidrio con masilla, teniendo el cuidado que esta suministre una presión adecuada al vidrio para garantizar la hermeticidad.
- Una vez colocado el cristal, aplicar silicona en los bordes y por ambas caras para eliminar cualquier probabilidad de orificios que permitan la filtración del ruido.
- Instalación de empaques acústicos sobre el marco de la ventana que recibe la(s) nave(s) de abrir.
- Lo anterior implica modificar el sistema de bisagras convencional por otro que permita el cierre hermético sin deteriorar los empaques.

b) Colocación de cristal doble sobre la ventanería existente

El sistema está constituido por dos cristales separados por una cámara de aire (sistema masa-aire-masa).

El uso de cristal doble aumenta la pérdida por transmisión a frecuencias altas. Se debe poner especial atención en la separación de los cristales, debido a que la mejora global depende de ello. Hasta donde sea posible, se debe tener en cuenta el criterio de la frecuencia de resonancia masa-aire-masa, según el cual se debe diseñar con la frecuencia más baja para evitar este fenómeno en todo el espectro del sonido. Es muy importante conocer las frecuencias de los sonidos que se producen en el área de estudio, pues de ellas depende el espesor de la cámara de aire. (fig. 8, 9 y 10)

El incremento en la pérdida por transmisión es mayor para frecuencias altas; en general la reducción suele ser de 3 a 5 dB para ventanas con buenos burletes o naves de abrir; por cada duplicación del grosor de la cámara de aire entre los vidrios incrementa la clase de transmisión sonora en 3 dB. Duplicar el espacio de aire tiene un efecto parecido a duplicar el grosor del cristal.

Teniendo en cuenta criterios de economía, el vidrio existente podrá constituir uno de los elementos del sistema masa-aire-masa, por lo cual solo será necesario instalar un vidrio.

Adicionalmente, dependiendo de los espesores requeridos y de las condiciones de la construcción, el nuevo vidrio se podrá instalar sobre el marco existente o sobre uno nuevo, instalado en los vanos de la ventana. Sin embargo, la instalación del vidrio sobre el marco existente solo será posible cuando la ventana no tenga naves de abrir (tragaluces).

Los materiales a utilizar serán los siguientes:

- Perfiles de aluminio o de madera para ventana (cuando el vidrio se instala sobre los vanos de la ventana).
- Cristal de mayor espesor que el existente y de buena calidad (alta densidad).
- Empaque de látex o neopreno
- Tornillos

- Pisavidrios
- Silicona

La aplicación de este sistema incluye, entre otros, los siguientes pasos:

Para las naves fijas, cuando el vidrio se instala sobre el marco existente (fig.8):

- Limpieza general de la ventana existente.
- Retiro del vidrio existente.
- Instalación de empaque de látex o neopreno para el vidrio existente.
- Instalación del vidrio existente.
- Aplicación de silicona por el interior y por el exterior de la ventana existente, sobre la masilla o entre el pisavidrio y el cristal, según el caso.
- Limpieza perfecta del marco de la ventana.
- Instalación de un empaque de látex o caucho sobre el marco para garantizar la hermeticidad entre éste y el cristal y suministrar un sistema de amortiguación de vibraciones.
- Instalar el nuevo vidrio garantizando que sus bordes queden rodeados por el empaque.
- Fijar el vidrio mediante el pisavidrios con sus respectivos tornillos, teniendo el cuidado que este suministre una presión adecuada al vidrio para garantizar la hermeticidad.
- Una vez colocado el cristal, aplicar silicona en los bordes para eliminar cualquier probabilidad de orificios que permitan la filtración del ruido.

Para ventanas con naves fijas y de abrir (fig.9 y 10):

Para este caso necesariamente se deberá instalar un nuevo marco sobre los vanos de la ventana. El procedimiento general será:

- Limpieza general de la ventana existente.
- Retiro del vidrio existente.
- Instalación de empaque de látex o neopreno para el vidrio existente.
- Instalación del vidrio existente.
- Aplicación de silicona por el interior y por el exterior de la ventana existente, sobre la masilla o entre el pisavidrio y el cristal, según el caso.
- Limpieza perfecta del marco de la ventana.
- Instalación del marco de aluminio o de madera sobre el vano, según las condiciones de construcción de la ventana existente.
- Colocación de los empaques adecuados para el cierre hermético entre el marco y el cristal y dotarlo de un sistema de amortiguación de vibraciones.
- Instalar el nuevo vidrio garantizando que sus bordes queden rodeados por el empaque.
- Una vez colocado el cristal, aplicar silicona en los bordes y por ambas caras para eliminar cualquier probabilidad de orificios que permitan la filtración del ruido, especialmente entre los vanos de la ventana y el nuevo marco.

Para garantizar la total hermeticidad en la ventana existente, es necesario colocar empaques de caucho en el marco que recibe la nave de abrir. Lo anterior implica modificar el sistema de bisagras convencional por otro que permita el cierre hermético sin deteriorar los empaques.

Es importante anotar que el nuevo sistema instalado sobre los vanos, con marco en aluminio o madera y vidrio de alta densidad, deberá tener vanos de abrir con cierre hermético, enfrentados a los vanos existentes y abriendo en sentido contrario.

Este sistema presenta algunos problemas relacionados con su mantenimiento:

- Es posible que si la cámara no permanece en el tiempo completamente hermética se presenten problemas de humedad que pueden provocar opacidad, aparición de moho y demás hongos.
- Para solucionar este problema generalmente se adicionan sustancias químicas absorbentes pero que se saturan con el tiempo.
- Este tipo de solución puede presentar el denominado “efecto espejo”, el cual consiste en que la ventana puede reflejar imágenes.

5.3.1.2. Soluciones de mitigación de ruido para puertas

Estas medidas se podrán aplicar en la puerta de acceso principal de la vivienda, desde que no sea un garaje y, de ser necesario, en las puertas que dan acceso a las zonas de descanso (habitaciones y cuartos de estudio), en los casos de Se excluyen las puertas que dan acceso a los inmuebles o locales comerciales (tiendas, restaurantes, comidas rápidas, etc.) y en inmuebles con uso mixto.

a) Relleno de puertas huecas con material acústico

Se aplica en puertas huecas de madera y/o lámina y consiste en rellenar el hueco o cámara con poliuretano, fibra de vidrio o lana mineral. Estos materiales poseen buena capacidad de absorción del sonido.

En estas puertas se puede retirar una de las hojas, instalar el material acústico adherido al interior de la otra lámina y volver a instalar la lámina que se ha retirado (fig. 11).

Cuando las puertas sean macizas o no sea posible introducir material acústico dentro de ellas, se puede adicionar poliuretano, lana mineral o fibra de vidrio, en tela o lámina sobre la superficie interior de la puerta y sobre ella colocar un acabado compatible arquitectónicamente con la puerta existente. En el caso de puertas metálicas con lámina metálica simple, se puede agregar una segunda lámina por la cara opuesta (interior) y rellenar el hueco entre las dos láminas con material acústico.

b) Empaques de neopreno y barrederas

Consiste solamente en instalar empaques tubulares de neopreno en el perímetro de la puerta, entre el marco y la hoja adheridas con pegante. En la parte inferior de la puerta se puede colocar una barredera o banda de caucho, pegada o remachada al borde de la puerta. Estas medidas tienen como finalidad impedir la filtración del ruido por las luces existentes entre el marco y la hoja y/o el piso (fig.12)

5.3.1.3. Soluciones de mitigación del ruido para muros

El tratamiento se centra únicamente sobre los muros externos, esto es, muros de fachada (la que da contra la fuente de ruido)

a) *Mejoramiento de las condiciones de los muros existentes en ladrillo o bloque a la vista*

Esta solución consiste en realizar sellamiento de paredes de bloque de hormigón con juntas bien acabadas, pañete con mortero preparado con material acústico, sellamiento de la pared con masilla, sellador de bloque o pintura aglutinante, por la cara interior del muro. (fig. 13).

Como material acústico se puede utilizar thermo-acustilita, la cual es un mineral granular obtenido a partir de la vermiculita natural, de peso muy liviano, resistente al calor y de excelentes características acústicas y térmicas. Comercialmente se presenta en bolsas de 3 pies cúbicos, con un peso de 8-12 kg.

Las propiedades del concreto aligerado con thermo-acustilita son las siguientes:

- Proporción cemento: thermo-acustilita: 1:3 - 1:9
- Densidad del concreto: 28 - 50 lb/pie³.
- Resistencia a la compresión: 130 - 500 lb/in².
- Módulo de ruptura: 40 - 75 lb/in²
- Encogimiento por secado: 0.28 - 0.35 %.
- Conductividad térmica: 0.083 - 0.158 BTU (hr ft F)
- Una pulgada de concreto aligerado con thermo-acustilita puede llegar a tener un valor de aislamiento acústico similar al de 20 pulgadas de concreto regular.

Alternativamente, se puede utilizar las siguientes soluciones:

- Instalar particiones de fibra de vidrio, lana mineral, baldosas acústicas, o cualquier otro material con buenas características de absorción de sonido sobre los muros existentes.
- Mejorar las condiciones de los muros existentes mediante la aplicación de una capa de yeso o estuco por la cara interior (en caso de que no la tenga) y de una capa de mortero de 2.5 –3 cm de espesor sobre la cara externa (cuando el ladrillo sea a la vista).

5.3.1.4. Soluciones de mitigación del ruido para cielorasos

Es importante anotar que estas medidas se aplicarán, solo si es necesario, para los inmuebles localizados en el ultimo piso, de edificios o casas afectados por ruido generado por el sobrevuelo de aviones. Se excluyen de tratamiento los inmuebles cuya cubierta sea en concreto o similar.

a) Instalación de material acústico sobre cielo raso existente.

Cuando el inmueble posee un cielo raso convencional, lo más apropiado es colocar sobre él láminas o telas gruesas de fibra de vidrio o lana mineral (afelpados y /o mantas aislantes), debidamente envueltas en plástico (fig. 14). Los afelpados son capas de mineral sin aglutinar, con una densidad de 60 kg/m^3 , los cuales se suministran en rollos de $5.00 \text{ m} \times 0.92 \text{ m}$, espesores de 1 a 5 pulgadas, con papel kraft para separar las capas.

Se utilizan en aislamientos acústicos y térmicos encima de cielo rasos, en techos, lozas de concreto, cuartos de grabación y de música, teatros, habitaciones, enfriadores, congeladores, calentadores, estufas, carros, neveras, saunas, intercambiadores, reactores, calderas.

Cuadro No 5. Coeficientes de absorción acústica de una panel de lana mineral de 3" de espesor

Fruencia (KH)	0.125	0.25	0.5	1	2	4
Coeficiente de absorción acústica	0.30	0.70	0.95	0.78	0.85	0.85

Las mantas acústicas consisten en colchonetas de lana mineral reforzadas en sus dos caras con malla metálica galvanizada hexagonal, y en densidad de 140 Kg/m^3 , en espesores de 1 a 6 pulgadas y con dimensiones de $2 \times 4, 2 \times 6, 2 \times 8, 3 \times 4, 3 \times 6$ y 3×8 pies.

b) Instalación de cielo raso acústico nuevo.

En caso de que el inmueble no posea cielo raso, lo más recomendable es instalar uno con material absorbente, por ejemplo lámina de fibra de vidrio o lana mineral envuelta en plástico, con malla galvanizada en su costado inferior, colocada sobre una estructura de aluminio o madera, con acabado en machimbre, yeso o película de PVC (fig. 15).

5.3.1.5. Barreras anti-ruido

Adquisición de suelo para zonas de amortiguamiento.

Se denomina zona de amortiguamiento a una franja de terreno empradizada, con arboles y arbustos plantados en forma de cortinas superpuestas (de diferentes estratos). La finalidad de estas zonas es disminuir el ruido generado por ejes viales mediante el apantallamiento ejercido por los árboles y la absorción hecha por el suelo.

Si las condiciones lo ameritan (defensa de un sanatorio mental, por ejemplo), es recomendable construir entre la vía y la edificación una barrera en tierra, en forma trapezoidal, de una altura tal que

299

permita difractar y/o reflejar las ondas sonoras procedentes de la fuente. Esta barrera debe ser empradizada y reforestada con árboles frondosos de bajo porte.

5.3.2. Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de los habitantes.

Recomendaciones operativas

- La operación de equipos de sonido, televisores, instrumentos musicales se debe hacer dentro del recinto o local.
- Los parlantes deben estar ubicados y orientados lejos de la entrada a la vivienda y ventanas.
- Se debe evitar el uso de instrumentos electrónicos que incrementen los tonos graves ó frecuencias bajas (inferiores a 250 Hz), tales como subwoofers.
- El ecualizador debe fijarse preferiblemente en frecuencias medias, evitando los tonos altos ó frecuencias altas (superiores a 2000 Hz).
- Para que las medidas de mitigación tengan efecto, las ventanas y puertas deben permanecer cerradas, especialmente en horas de descanso.
- Se recomienda el uso de sistemas de aire acondicionado (tipo ventana) o ventiladores de techo, para mantener unas condiciones de confort adecuadas en el interior de los recintos insonorizados.

5.3.3. Uso de electrodomésticos como licuadoras, brilladoras y aspiradoras

Mediante campañas de educación se debe desestimular el uso de estos electrodomésticos entre las 9 PM y las 6 AM.

5.3.4. Actividad de sitios de recreación nocturna tales como discotecas, bares, tabernas, ferias mecánicas y circos.

Son aplicables las mismas soluciones recomendadas para estos sitios en zonas comerciales. Se recomienda no otorgar permisos para instalar circos, ferias, juegos mecánicos y otras actividades de diversión que emitan sonidos capaces de perturbar a los habitantes de las zonas próximas, especialmente si se trata de guarderías, escuelas, hospitales, clínicas, sanatorios y, en general, de establecimientos en los cuales existan personas bajo tratamiento o recuperación médica, o zonas residenciales.

Se recomienda en el caso de juegos y ferias mecánicas, verificar el buen estado de la maquinaria, en especial motores eléctricos, transmisiones (trenes de engranajes, cadenas de eslabones, correas, ruedas de fricción, neumáticas, hidráulicas y elementos asociados como rodamientos y chumaceras), dado que ineficientes prácticas de lubricación y ajuste de estos mecanismos son generadoras de altos niveles de ruido.

5.3.5. Venta de productos anunciados por pregoneros

Se recomienda la aplicación de multas, posterior a una campaña educativa en la cual se comunique a los comerciantes, pregoneros y a la comunidad en general las molestias causadas por la aplicación de estas actividades.

5.3.6. Ladridos de perros

Se recomienda mantener los perros de razas grandes y medianos (Pastor Alemán, Labrador, Rotweiller y otros) con bozal mientras permanezcan al interior de la vivienda.

5.3.7. Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición

Se debe prohibir el uso u operación de estos equipos durante el período nocturno, excepto para realizar obras de emergencia, según lo establecido en el artículo 10 de la resolución 8321 de 1983.

5.3.8. Vías usadas como lugar de trabajo

Se trata de talleres de ornamentación y mecánica en estratos bajos. Se debe procurar un adecuado mantenimiento a la herramienta, y en lo posible que la gente mantenga cerradas las puertas de acceso y las ventanas de su vivienda, para reducir el ruido. Dado que esta actividad constituye una violación de las normas sobre espacio público, las autoridades deben buscar erradicar estos negocios de las calles.

5.3.9. Vías usadas como lugar de recreación por los niños

En todos los estratos es una situación similar, aunque es más común los estratos medios y bajos. Se recomienda que en lo posible los habitantes mantengan cerradas las puertas de acceso y las ventanas de la vivienda, para evitar ser molestados por el ruido.

5.3.10. Uso de la vivienda como sitio de industria familiar

En estos casos se generan ruidos por el uso de máquinas y herramienta. Se recomienda que el horario de trabajo dentro de la vivienda se reduzca sólo al período diurno. En caso de industrias muy ruidosas, como ciertos talleres de ornamentación y de mecánica automotriz, se debe exigir a los dueños implantar medidas de control de ruido similares a las exigidas en usos comerciales y/o industriales equivalentes. De lo contrario, si la industria se encuentra en zona exclusivamente residencial, debe ser cerrada.

5.3.11. Eventos populares tales como conciertos ejecutados en parques y sitios de reunión (salones comunales)

- Se recomienda no dar permisos para conciertos al aire libre en parques o estadios localizados en zonas residenciales o cerca de centros hospitalarios y de descanso.

- En casos de fiestas en salones comunales, la junta debe asegurarse de que los niveles de ruido producidos permitan el sueño de los vecinos. Además, Se recomienda ejecutar planes en cuanto al manejo del tránsito de vehículos en las cercanías al sitio de reunión.
- Se recomienda llevar a cabo campañas para organizar y comunicar a los vendedores ambulantes, el comportamiento que deben tener (no gritar, no usar pitos, sirenas, bocinas o altavoces para promocionar sus productos).
- En caso de partidos de fútbol, la policía debe ejecutar controles para evitar el uso de bocinas, pitos y cornetas en el exterior del estadio o cualquier escenario deportivo.

6. CONTROL DEL RUIDO EN ZONAS INSTITUCIONALES

6.1. DESCRIPCION DE LA FUENTE

Se consideran zonas institucionales los siguientes lugares: hospitales, iglesias, colegios, escuelas, universidades, estadios, edificios gubernamentales, aeropuertos, estaciones de policía y guarniciones militares.

Algunos de estos usos son especialmente vulnerables al ruido, en especial los hospitales, clínicas de reposo, colegios, escuelas, iglesias y edificios administrativos gubernamentales, para los cuales es necesario aplicar medidas de control por parte de las autoridades para evitar el establecimiento de fuentes de ruido en las áreas cercanas que perturben el ejercicio normal de tales usos, y/o aplicar medidas de mitigación del ruido al interior de los establecimientos institucionales, especialmente cuando ellos están sobre corredores viales de tráfico intenso o en zonas comerciales.

De otro lado, algunas actividades institucionales pueden ser fuentes importantes de ruido que merecen ser controladas, tales como los colegios y escuelas, las guarniciones militares, los aeropuertos y los estadios, entre otras.

Horario diurno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Ruido generado por labores escolares (juegos en horas de descanso).
- Ruido generado por labores religiosas (plegarias, suplicas y cánticos)
- Operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de estudiantes o miembros de las fuerzas armadas (izadas de bandera, marchas)
- Ruido generado por conciertos (estadios)
- Ruido generado por encuentros deportivos (estadios)
- Ruido generado alrededor del estadio por vendedores ambulantes e hinchas.
- Operación de equipos para la construcción, reparación o trabajos de demolición.
- Ruido generado por labores militares (operación de vehículos, polígono)
- Aeropuertos (aviones pequeños como avionetas, helicópteros, todo tipo de aeronave sin motores a reacción).

Horario nocturno:

- Ruido generado por vehículos automotores
- Ruido generado por conciertos (estadios)
- Ruido generado por encuentros deportivos (estadios)
- Ruido generado alrededor del estadio por vendedores ambulantes e hinchas.

6.2. LEGISLACION VIGENTE

En los capítulos III y IV de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, expedida por el Ministerio de Salud se puede encontrar la normatividad aplicable a control del ruido en zonas institucionales.

6.3. MEDIDAS DE MITIGACION RECOMENDADAS

6.3.1. Horario diurno/nocturno

6.3.1.1. Ruido generado por vehículos automotores

Se recomiendan las mismas medidas expuestas en la sección 2.3.3. sobre ruido de automotores.

6.3.1.2. Ruido generado por labores escolares (juegos en horas de descanso) y operación de equipos de sonido, amplificadores, parlantes, instrumentos musicales por parte de estudiantes o miembros de las fuerzas armadas (izadas de bandera, marchas)

Recomendaciones operativas:

- Distribuir los horarios de recreo en escuelas y colegios, de tal forma que todos los estudiantes no tengan recreo al mismo tiempo.
- Evitar el uso de pitos, cornetas, parlantes con música, durante los tiempos de recreo y timbres para indicar el cambio de clase.
- Se debe evitar el uso de instrumentos electrónicos que incrementen los tonos graves ó frecuencias bajas (inferiores a 250 Hz), tales como subwoofers.
- El ecualizador debe fijarse preferiblemente en frecuencias medias, evitando los tonos altos ó frecuencias altas (superiores a 2000 Hz).
- En eventos como misas y izadas de bandera, que impliquen el uso de equipos de amplificación de sonido, instrumentos musicales, se recomienda usar equipos modernos, en buen estado (altoparlantes) y operarlos de una manera adecuada, evitando al máximo la aparición de ruidos generados por interferencia electromagnética (acercar el micrófono a los parlantes) y ruido blanco.
- Los altoparlantes deben ser ubicados en la intersección de dos paredes, a una altura inferior a la de las paredes coincidentes; la dirección del rayo sonoro (línea recta imaginaria que parte de la fuente de sonido – altoparlante - y es perpendicular al plano en el que está ubicada la superficie productora de sonido del mismo, ver gráfico.) debe apuntar al centro de la superficie o plazoleta (en caso de que el centro educativo tenga espacios al aire libre propios). (Fig.16)
- Si hay edificios de apartamentos en las proximidades, el espacio sobre el altoparlante debe ser cubierto con una teja de eternit (la cual se coloca sobre la intersección de las dos paredes coincidentes); esto en caso de que el centro educativo tenga espacios al aire libre propios.
- Las clases de educación física (deportes) deben ejecutarse en un centros deportivos cercanos, lejos de edificios, hospitales y clínicas de reposo (en caso de que el centro educativo no tenga espacios al aire libre propios).
- A las horas de entrada y salida a clases se deben evitar aglomeraciones innecesarias de estudiantes en los accesos del centro educativo.

- Se debe destinar a una persona para que organice el tráfico automotor en eventos en los cuales estén involucrados los padres de familia, para evitar el ruido generado por la aglomeración de vehículos.

6.3.1.2. Ruido generado por labores religiosas (misas, matrimonios, funerales, bautizos, confirmaciones, plegarias, súplicas y cánticos)

Las pautas aquí expuestas son aplicables también a salones destinados a fiestas y reuniones sociales en general.

Recomendaciones operativas

- La operación de equipos de amplificación de sonido, instrumentos musicales, se debe hacer dentro del recinto o local. Los parlantes deben estar ubicados y orientados lejos de la entrada al templo, al interior del mismo.
- Se debe evitar el uso de instrumentos electrónicos que incrementen los tonos graves ó frecuencias bajas (inferiores a 250 Hz), tales como subwoofers.
- El ecualizador debe fijarse preferiblemente en frecuencias medias, evitando los tonos altos ó frecuencias altas (superiores a 2000 Hz).
- El uso de amplificadores de sonido se recomienda para recintos mayores a 572 metros cúbicos. El sistema de amplificación debe reforzar la voz sin producir un sonido artificial. Incluye micrófonos y altoparlantes, que deben tener una frecuencia uniforme que fluctúa entre 500 y 5000 Hz. En música para alta fidelidad, el limite mas bajo de frecuencia puede ser hasta de 100 Hz.
- Se debe evitar el uso de pitos, cornetas, parlantes con música, pólvora (voladores) a la salida de las ceremonias
- Se debe destinar a una persona para que organice el tráfico automotor en todos los eventos, para evitar el ruido generado por la aglomeración de vehículos.
- Se recomienda por normas de convivencia ciudadana no entonar cantos o plegarias en la noche que involucran gritos, sollozos y lamentos sostenidos.

Recomendaciones arquitectonicas

- Se deben seguir las mismas pautas recomendadas para locales comerciales y discotecas (ver capítulos 3.3.1.3 y 5.3.1.1 de esta guía) en los casos de fuentes generadoras de ruido, como iglesias y salones comunales. En los demás casos se aplican las mismas recomendaciones dadas para obras de mitigación del ruido en zonas residenciales.
- En el caso de hospitales y clínicas de reposo, son aplicables las medidas de mitigación del ruido recomendadas para zonas residenciales, especialmente si están localizados en corredores viales o en zonas comerciales, como ya se anotó.

6.3.1.3. Ruido generado por conciertos y encuentros deportivos (estadios)

En estos caso se recomienda:

305

- Ejecutar planes de manejo del tránsito de vehículos en las cercanías al sitio de reunión.
- Llevar a cabo campañas para organizar y comunicar a los vendedores ambulantes el comportamiento que deben tener (no gritar, no usar pitos, sirenas, bocinas o altavoces para promocionar sus productos).
- En caso de partidos de fútbol, la policía debe ejecutar controles para evitar el uso de bocinas, pitos y cornetas en el exterior del estadio.
- Restringir el uso en vía pública de equipos sonido (grabadoras, autoradios con sistemas de amplificación de sonido) para emitir música o transmisiones de eventos deportivos.

6.3.1.4. Ruido generado por labores militares

En el caso de operación de vehículos militares (paradas), hacerlo en horario diurno exclusivamente. Para labores de carga y descarga de materiales y movilización de personal militar se recomienda:

- Seguir las recomendaciones en cuanto a control de ruido automotor explicadas anteriormente.
- En labores de carga y descarga, se debe mantener el motor del camión apagado.
- Las labores de carga y descarga deben en lo posible ser mecanizadas o ser de corta duración, con el fin de disminuir el tiempo de exposición a ruidos.
- Tener maniobras de parqueo rápidas y eficientes, lo cual se logra mediante bahías de carga y descargue con un diseño adecuado, que faciliten la maniobra de los camiones de carga.

6.3.1.5. Ruido generado por la operación de aviones y aeropuertos en las cercanías.

Recomendaciones operativas

- Las rutas de llegada y de salida de vuelos deberán ser establecidas sobre las áreas menos pobladas o urbanizadas.
- Las operaciones de despegue y aterrizaje deben sea diseñadas en tal forma que las aeronaves logren una máxima altura sobre la ciudad en el menor tiempo posible, evitando sobrevuelos y otras operaciones molestas que causen molestia a la población.
- Se deberá prestar atención al empleo de ayudas a la navegación, a los vectores de radar, o al ascenso de la deriva en la ruta de tráfico sobre zonas de reducción de ruidos..
- Las instalaciones de navegación deberán estar situadas teniendo en cuenta los problemas de reducción de ruido.

6.3.1.6. Zonas de servicios públicos

Descripción de la fuente:

Se consideran zonas de servicios públicos los siguientes lugares: subestaciones eléctricas (ruido de transformadores y equipos de ventilación), centrales de acueducto (bombas, motores) y centrales telefónicas (transformadores y sistemas de ventilación).

Medidas de mitigación recomendadas:

- *Ruido de transformadores:* debe ser un modelo silencioso (en el proceso de diseño, se debe seleccionar un transformador silencioso), y estar montado sobre aisladores de vibración y, de ser necesario, un aislamiento parcial.
- *Equipos de ventilación:* se deben seguir las pautas dadas para sistemas de aire acondicionado y ventilación dadas para zonas industriales.
- *Centrales de acueducto:* en primer lugar se recomienda seguir las pautas dadas para equipos que manejan fluidos tales como bombas, compresores, turbinas, calderas en zonas industriales. En segundo lugar se recomienda (en cuanto sea posible) la conformación de barreras de aislamiento ambiental consistentes en una franja de arbustos o árboles (apantallamiento mediante un área arbolada) alrededor de todo el perímetro de la central.

BIBLIOGRAFÍA

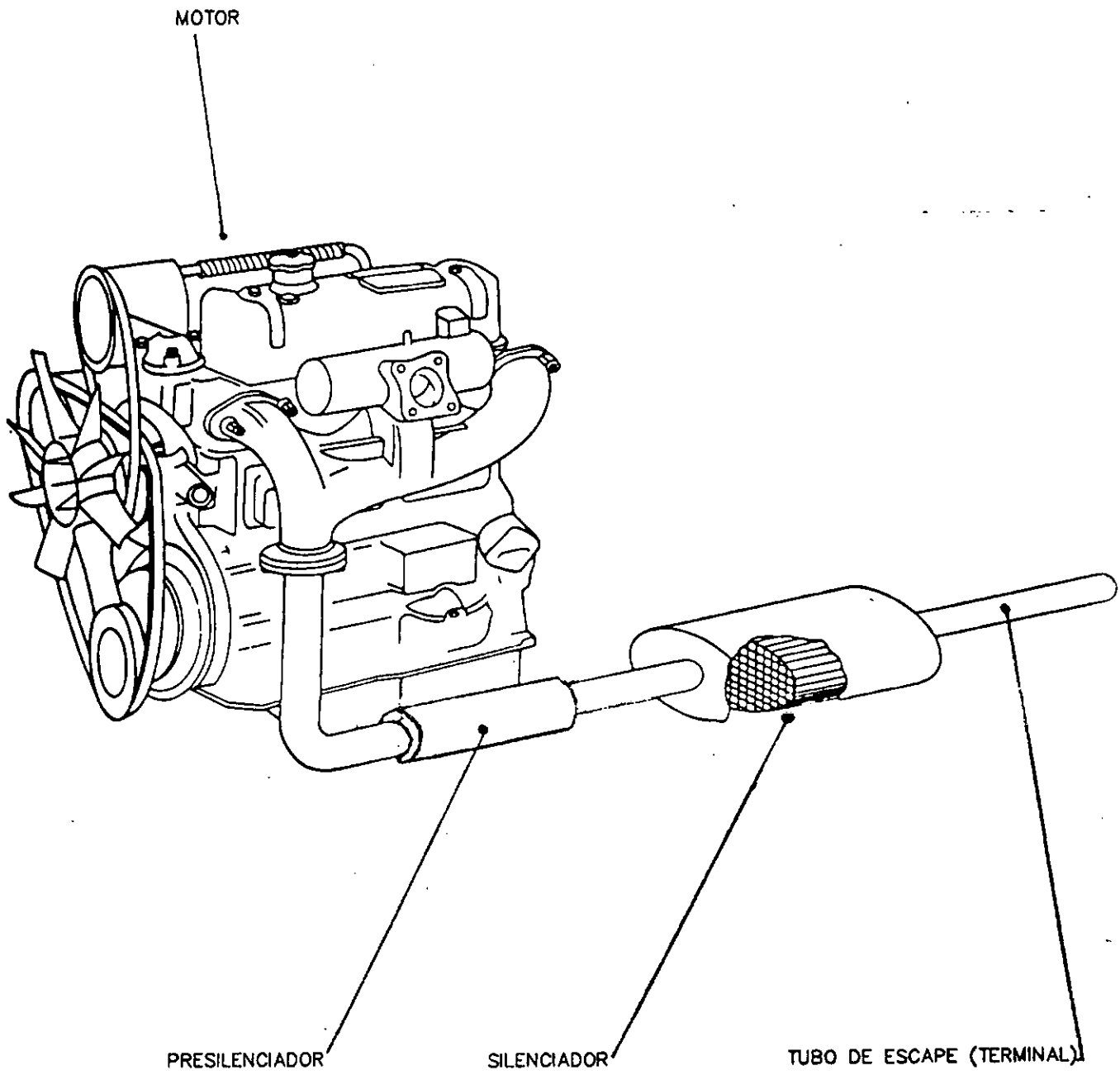
- 1) CONSORCIO IGA-EPAM LTDA, 1998. “Manual de especificaciones técnicas y condiciones de trabajo. Programa de mitigación del ruido en la zona de influencia del Aeropuerto Internacional El Dorado de Santafé de Bogotá”. Aeronáutica Civil. Bogotá.
- 2) CONSORCIO IGA-EPAM LTDA, 1999. “Diagnóstico ambiental del ruido y propuesta para su manejo y control en el área urbana de Santiago de Cali. Análisis del ruido ambiental”. Informe No 2. DAGMA. Cali.
- 3) FUNDACIÓN MAPFRE, 1991. “Manual de higiene industrial”. 4ª edición, Madrid.
- 4) FUNDACIÓN MAPFRE, 1994. “Manual de ergonomía”. Madrid.
- 5) FIBER GLASS DE COLOMBIA S.A., 1995. “Uso de materiales acústicos en arquitectura”. Bogotá.
- 6) GIORGIO DEL, JUAN A., 1977. “Contaminación atmosférica”. Alhambra. Madrid.
- 7) HARRIS CYRIL M., 1995. “Manual de medidas acústicas y control del ruido”. Vol I y Vol II. Mc Graw Hill, 3ª edición, Madrid.
- 8) JENS JENSEN, 1989. “Vibraciones mecánicas”. Publicación Facultad de Ingeniería U. Nacional de Colombia. Bogotá.
- 9) MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE COLOMBIA – ICFES, 1997. “Curso de control ambiental del ruido. Memorias”. Bucaramanga.
- 10) RAMÍREZ CAVASSA CESAR, 1996. “Seguridad industrial: un enfoque integral”. Limusa. Mexico.


ANEXO DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Mitigación de ruido en vehículos: sistema de escape.
- Fig. 2 Mitigación de ruido en vehículos contraflujo.
- Fig. 3 Mitigación de ruido en vehículos: tráfico de vehículos de tracción animal.
- Fig. 4 Mitigación de ruido en zona comercial: puertas y ventanas.
- Fig. 5 Mitigación de ruido en maquinaria: máquinas, herramientas, impacto y corte.
- Fig. 6 Mitigación de ruido en maquinaria: máquinas para manejo de fluidos.
- Fig. 7 Mitigación de ruido en ventanas: aumento de la masa del cristal con vidrio laminado.
- Fig. 8 Mitigación de ruido en ventanas: cristal doble usando la ventanería existente y sobre el mismo marco.
- Fig. 9 Mitigación de ruido en ventanas: cristal doble usando la ventanería existente y con marco nuevo.
- Fig. 10 Mitigación de ruido en ventanas: cristal doble con marco nuevo metálico o de madera.
- Fig. 11 Mitigación de ruido en puertas: relleno de puertas huecas con material acústico.
- Fig. 12 Mitigación de ruido en puertas: medidas complementarias.
- Fig. 13 Mitigación de ruido en muros: mejorar las condiciones de los muros existentes.
- Fig. 14 Mitigación de ruido en cielorasones: instalación de material acústico sobre cielo raso existente.
- Fig. 15 Mitigación de ruido en cielorasones: instalación de cielo raso acústico nuevo.
- Fig. 16 Ubicación de altoparlantes en una plazoleta o sitio de reunión al aire libre.

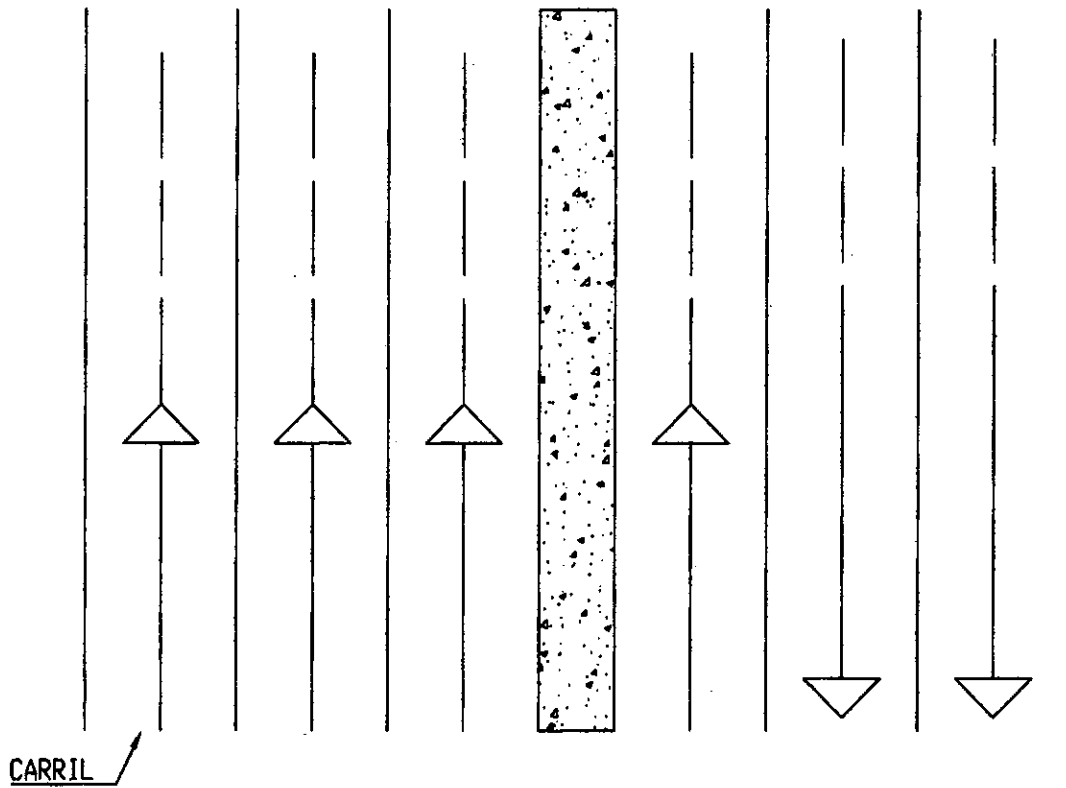
311



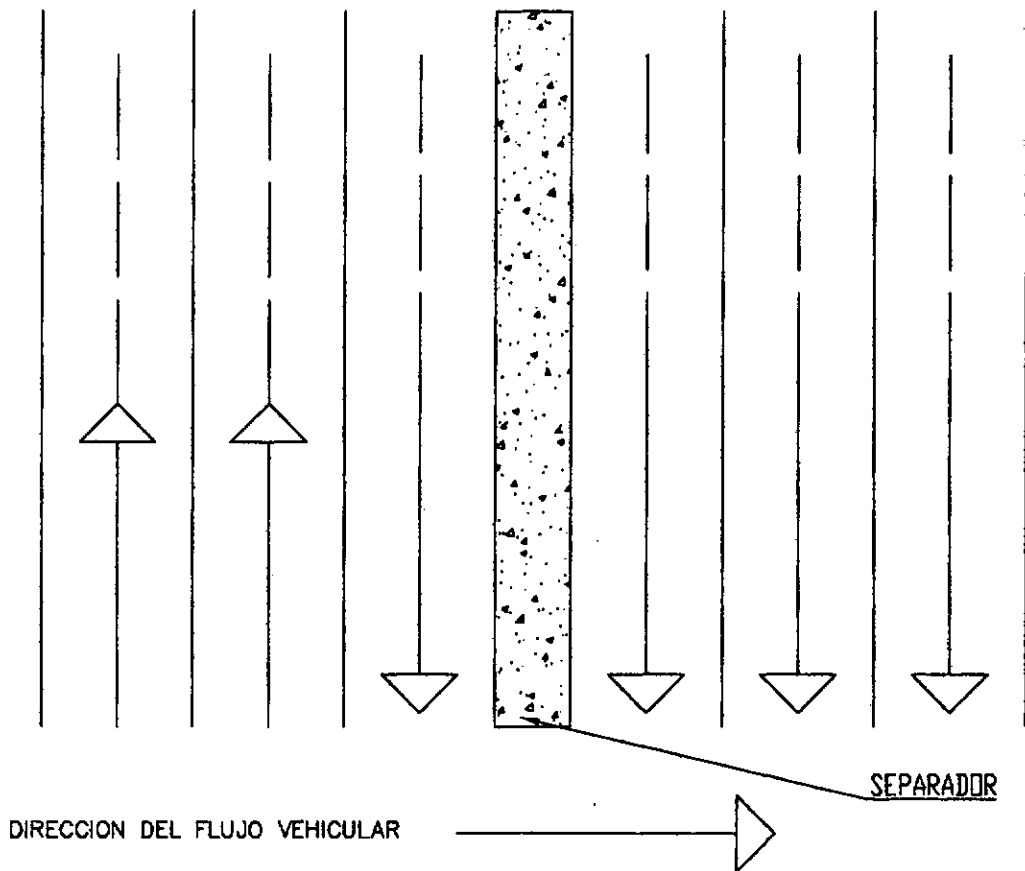
CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 epam <small>Ltda.</small>	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN VEHICULOS SISTEMA DE ESCAPE	1 OCT/99

AV2_01.DWG

HORAS PICO 7 AM - 9 AM



HORAS PICO 5 PM - 7 PM



CONSORCIO

PROYECTO

CONTENIDO

FIGURA



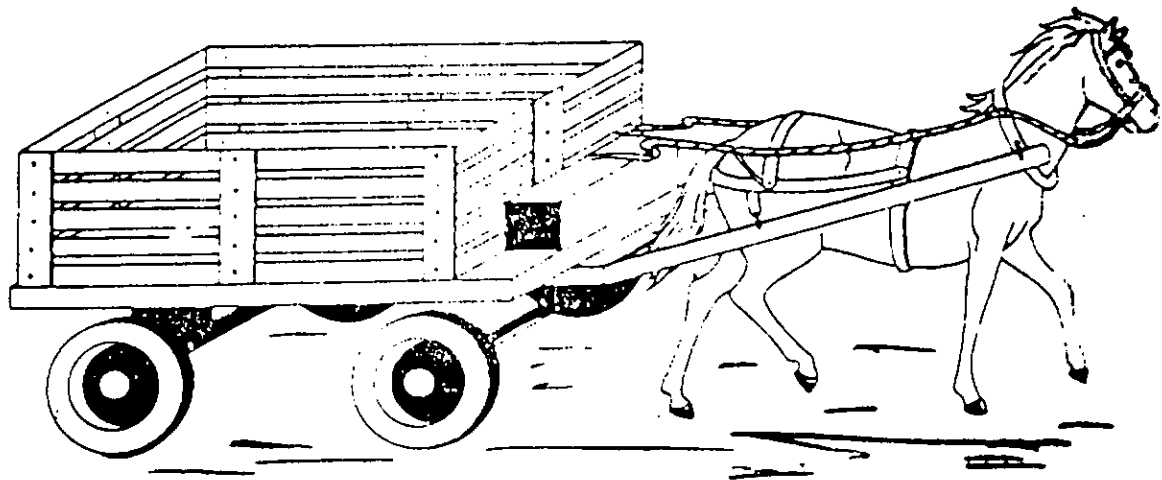
epam
Ltda.

PROPUESTA PARA EL MANEJO
Y CONTROL DEL RUIDO

MITIGACION DE RUIDO EN VEHICULOS
CONTRAFLUJO

2

OCT/99



CONSORCIO PROYECTO CONTENIDO FIGURA



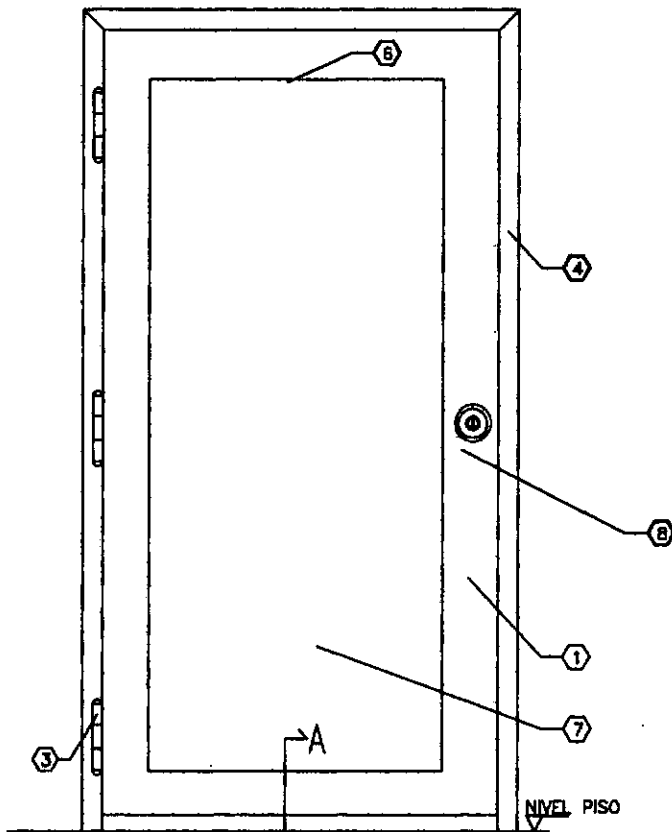
epam
Lda.

PROPUESTA PARA EL MANEJO
Y CONTROL DEL RUIDO

MITIGACION DE RUIDO EN VEHICULOS
TRAFICO DE VEHICULOS DE
TRACCIÓN ANIMAL

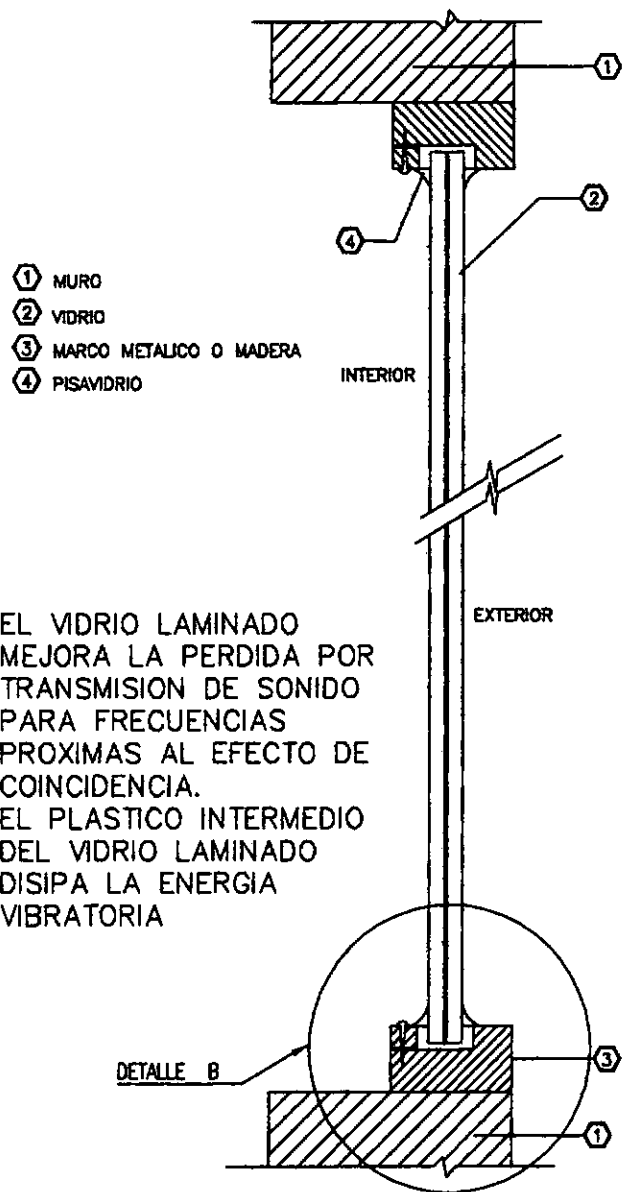
3
OCT/99

MEDIDAS DE CONTROL PUERTAS

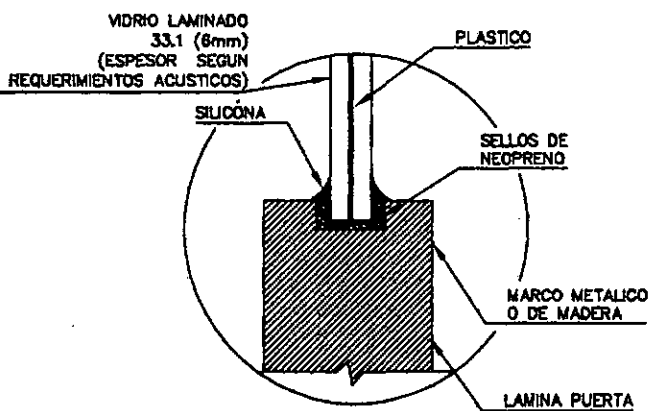


- ① PEINAZO (EN ANGULO O SECCION CUADRADA)
- ② HOJA EN LAMINA LISA DOBLE
- ③ BISAGRAS
- ④ MARCO (EN ANGULO O SECCION CUADRADA)
- ⑤ TRAGALUZ (OPCIONAL)
- ⑥ MASILLA O PISAVIDRIO
- ⑦ VIDRIO LAMINADO 33.1
- ⑧ LAMINA PRENSADA O PEINAZO ESTANDAR METALICO

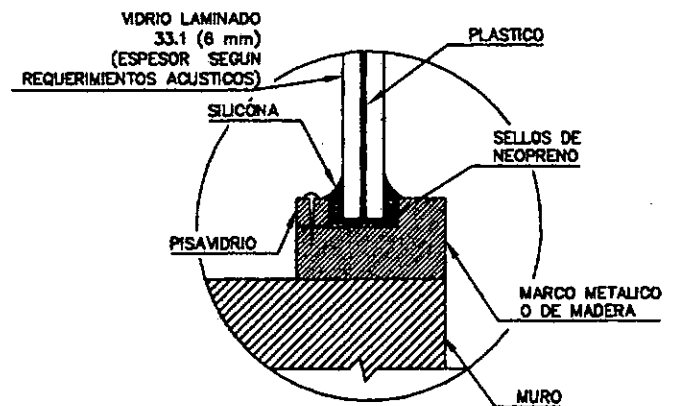
MEDIDAS DE CONTROL VENTANAS



EL VIDRIO LAMINADO MEJORA LA PERDIDA POR TRANSMISION DE SONIDO PARA FRECUENCIAS PROXIMAS AL EFECTO DE COINCIDENCIA.
EL PLASTICO INTERMEDIO DISIPA LA ENERGIA VIBRATORIA



DETALLE CORTE A-A



DETALLE B

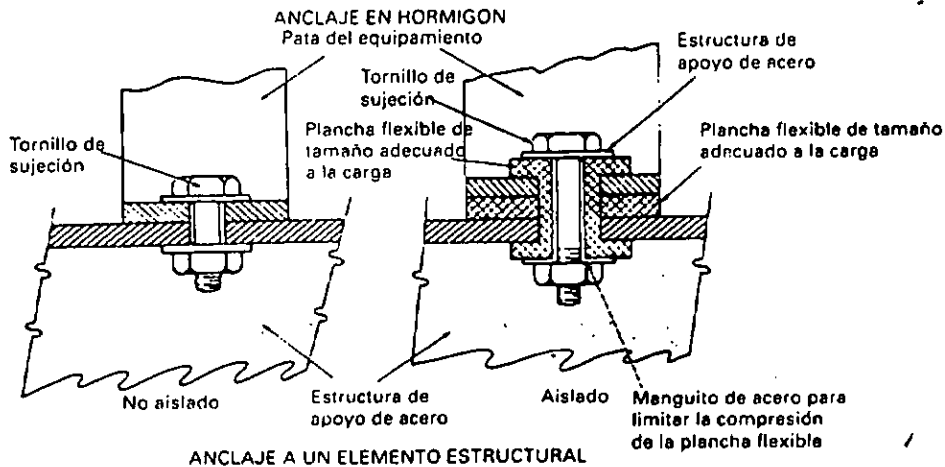
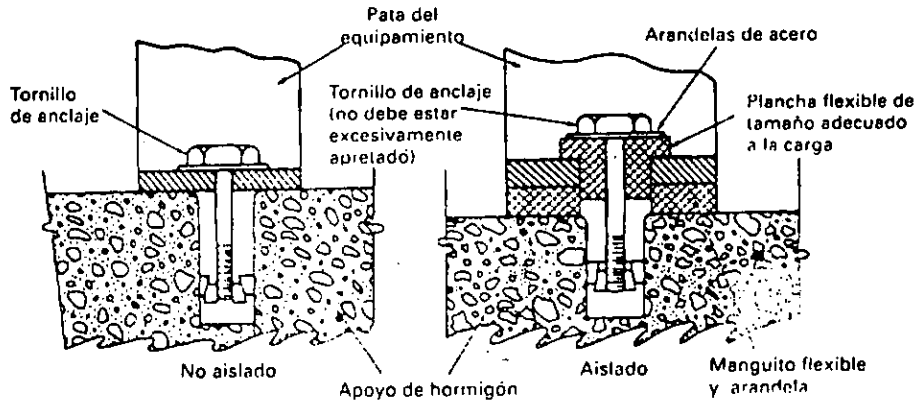
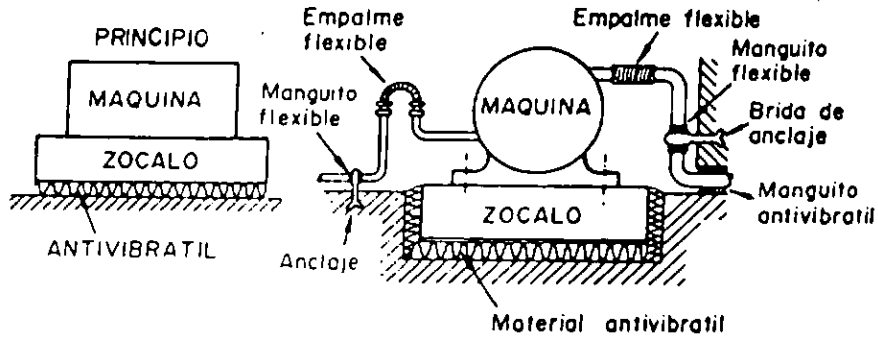
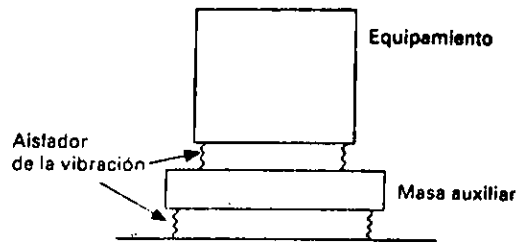
CONSORCIO

PROYECTO

CONTENIDO

FIGURA

—Principios de montaje antivibrátil de una máquina.



CONSORCIO

PROYECTO

CONTENIDO

FIGURA



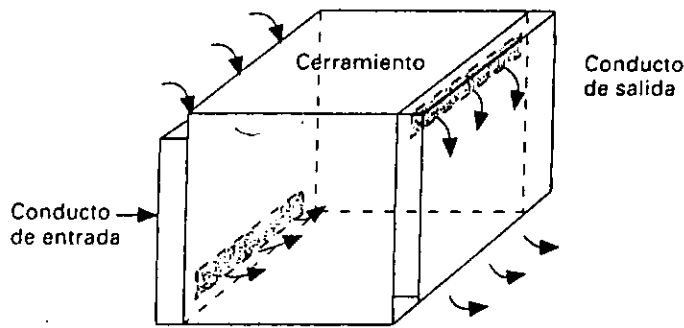
epam
Ltda.

PROPUESTA PARA EL MANEJO
Y CONTROL DEL RUIDO

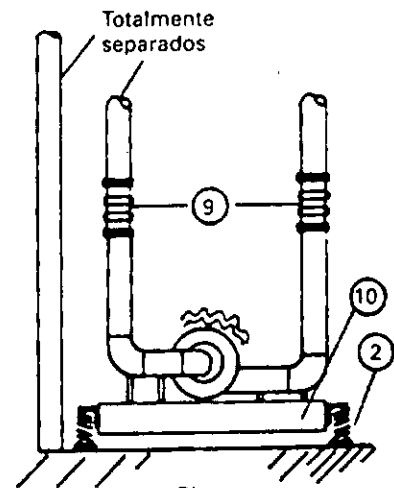
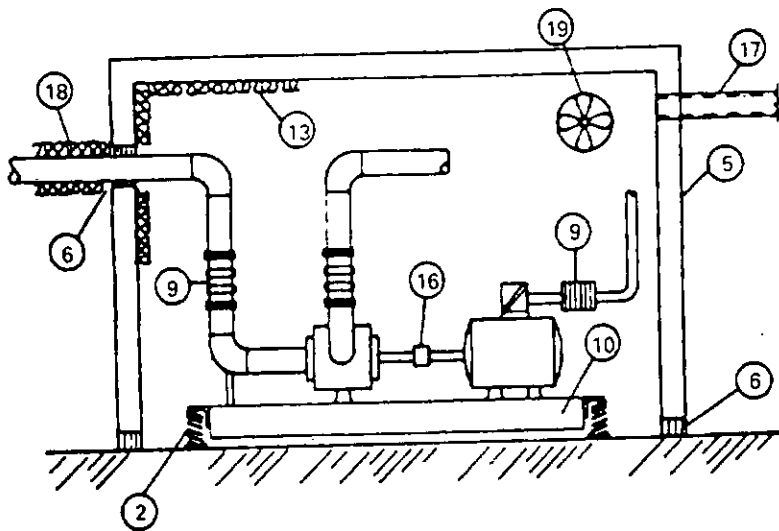
MITIGACION DE RUIDO EN MAQUINARIA
MAQUINAS HERRAMIENTAS
IMPACTO Y CORTE

5

OCT/99



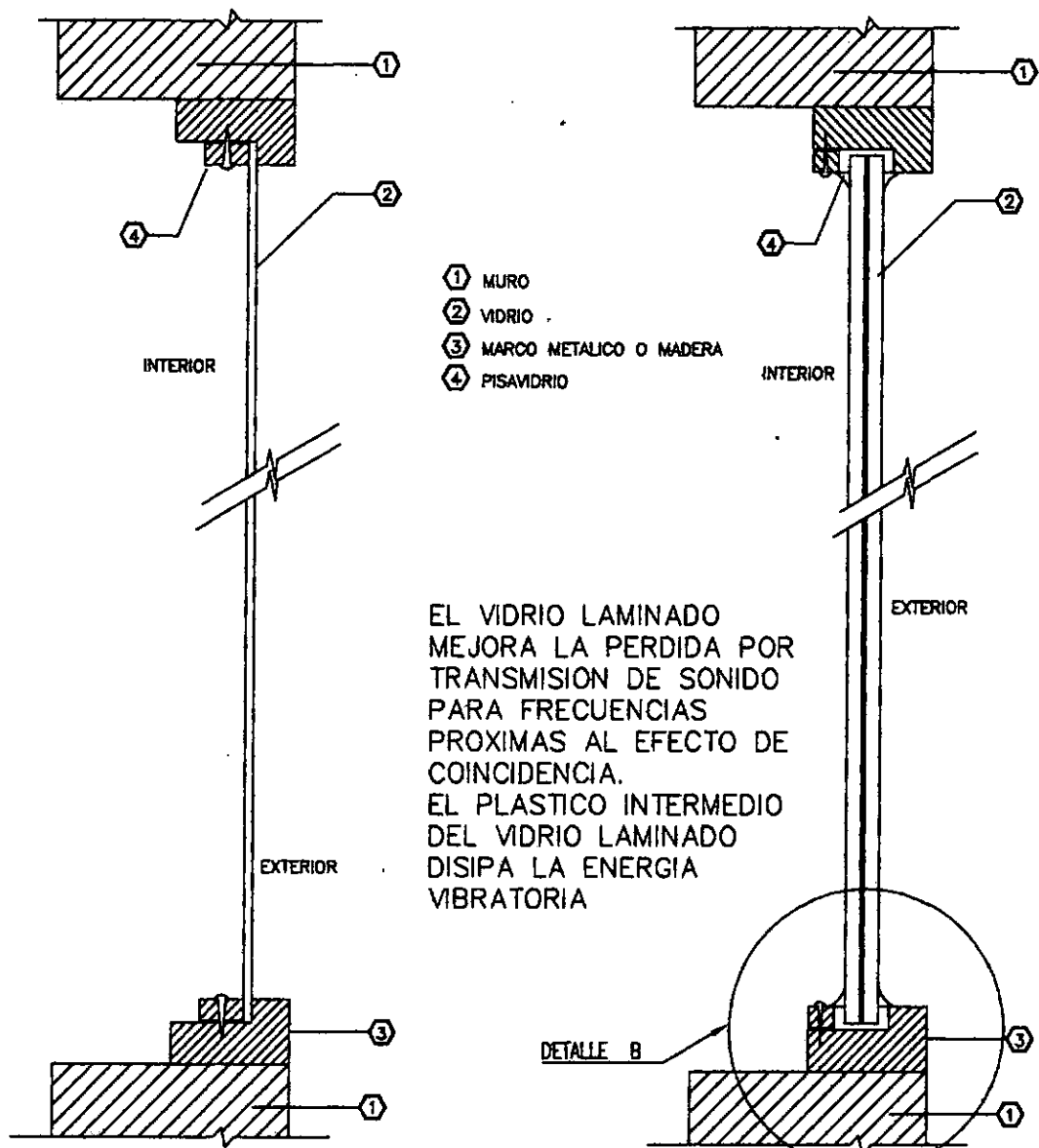
Dibujo esquemático de un cerramiento completo con entradas para las aberturas de ventilación. (a) Aberturas de entrada y salida sin tratamiento; (b) aberturas con conductos revestidos con material absorbente del sonido.



LISTA DE TECNICAS DE CONTROL DEL RUIDO

1. TRASLADAR LA MAQUINARIA A UNA NUEVA UBICACION, MAS DISTANTE DEL AREA QUE PRECISA SILENCIO
2. INSTALAR AISLAMIENTO DE LA VIBRACION, PARA REDUCIR LA RADIACION DEL RUIDO SOBRE LA SUPERFICIE DE MONTAJE.
3. UTILIZAR UNA BARRERA ACUSTICA PARA PROTEGER, DEFLECTAR Y/O ABSORBER LA ENERGIA.
4. UTILIZAR UN CERRAMIENTO/AISLAMIENTO PARCIAL ALREDEDOR DE LA MAQUINA
5. UTILIZAR UN CERRAMIENTO/AISLAMIENTO COMPLETO ALREDEDOR DE LA MAQUINA
6. REDUCIR LAS VIAS DE ESCAPE QUE PERMITEN QUE EL RUIDO PASE A TRAVES DE ABERTURAS DEL AISLAMIENTO
7. REDUCIR LAS FUERZAS DE IMPACTO
8. APLICAR MATERIALES DE AMORTIGUAMIENTO DE LA VIBRACION A LA CUBIERTA DE LA MAQUINA
9. INSERTAR CONEXIONES FLEXIBLES ENTRE LA MAQUINA Y LOS CONDUCTOS, CABLES Y TUBERIAS, CONECTADOS A ELLA
10. ALLI DONDE SEA NECESARIO UTILIZAR UN BLOQUE DE INERCIA
11. REDUCIR O MODIFICAR LAS SUPERFICIES QUE IRRADIAN RUIDO
12. REDUCIR EFECTOS DE RESONANCIA EN LOS SISTEMAS MECANICOS Y ACUSTICOS
13. UTILIZAR MATERIAL ABSORBENTE DEL SONIDO
14. MODIFICAR O REPLAZAR LOS ENGRANAJES
15. MODIFICAR O REPLAZAR LOS RODAMIENTOS Y COJINETES
16. REDUCIR DESEQUILIBRIO DE SISTEMAS ROTATORIOS
17. UTILIZAR CONDUCTOS REVESTIDOS CON MATERIAL ABSORBENTE DEL SONIDO
18. UTILIZAR COBERTURAS O TERMOAISLANTES SOBRE TUBERIAS O CONDUCTOS
19. REDUCIR O ELIMINAR EL RUIDO GENERADO AERODINAMICAMENTE

CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN MAQUINARIA MAQUINAS PARA MANEJO DE FLUIDOS	6 OCT/99



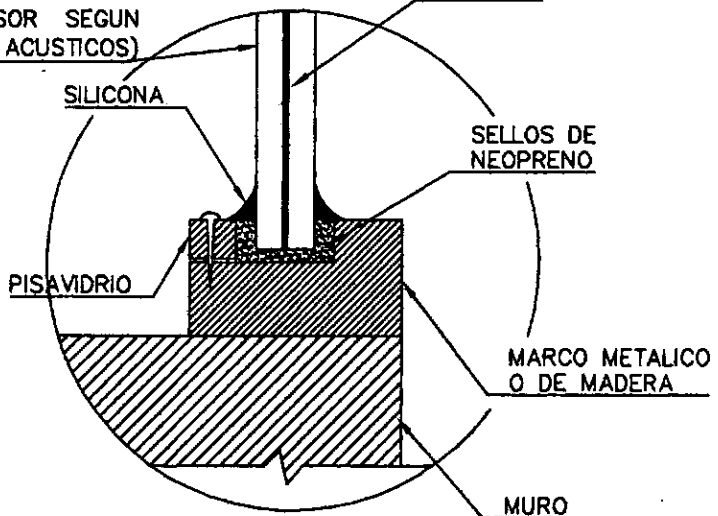
EL VIDRIO LAMINADO MEJORA LA PERDIDA POR TRANSMISION DE SONIDO PARA FRECUENCIAS PROXIMAS AL EFECTO DE COINCIDENCIA. EL PLASTICO INTERMEDIO DEL VIDRIO LAMINADO DISIPA LA ENERGIA VIBRATORIA

SITUACION ACTUAL

DETALLE B



VIDRIO LAMINADO 33.1, 44.1 O 55.1 (ESPESOR SEGUN REQUERIMIENTOS ACUSTICOS)

PLASTICO

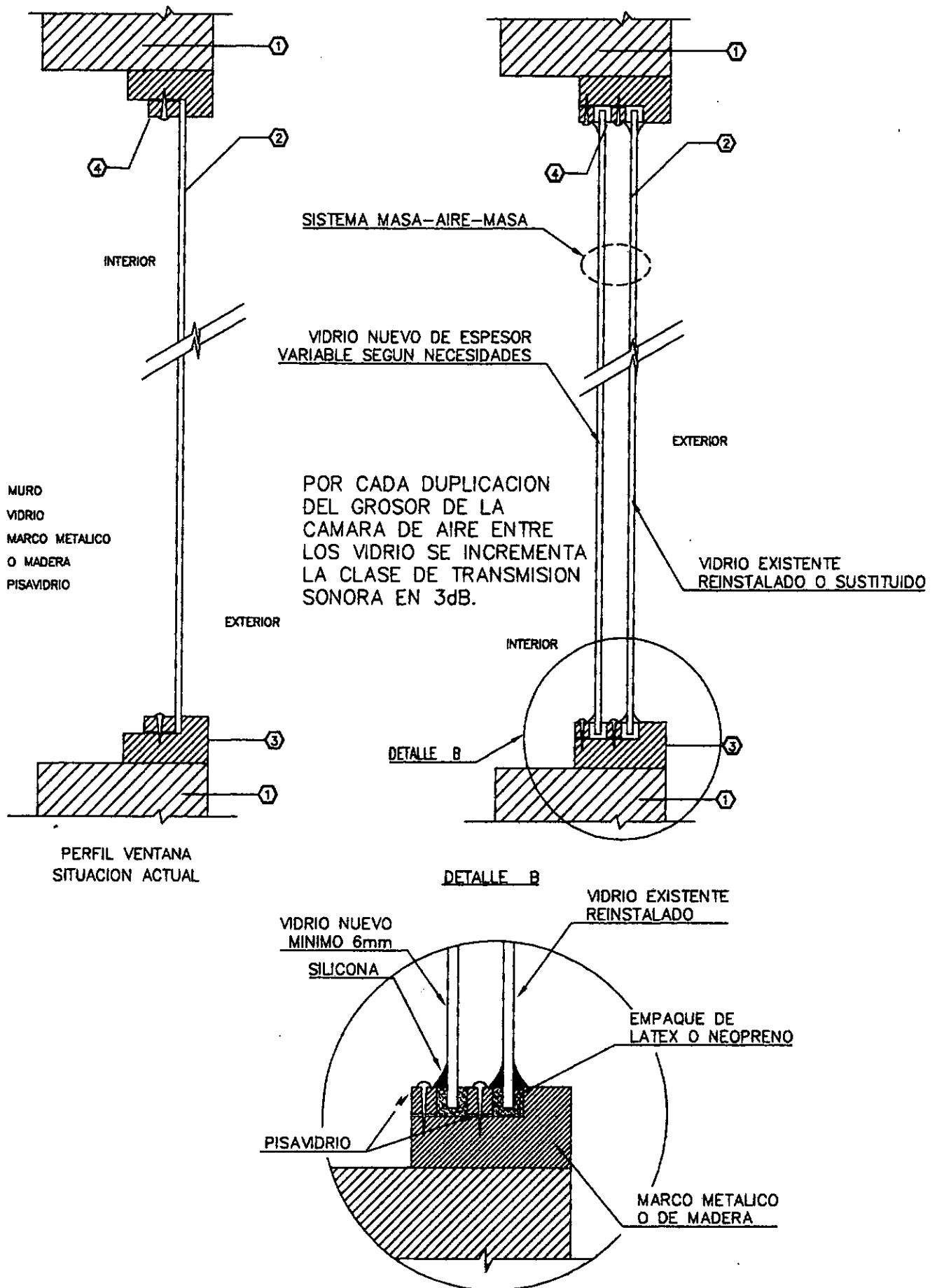



DETALLE B

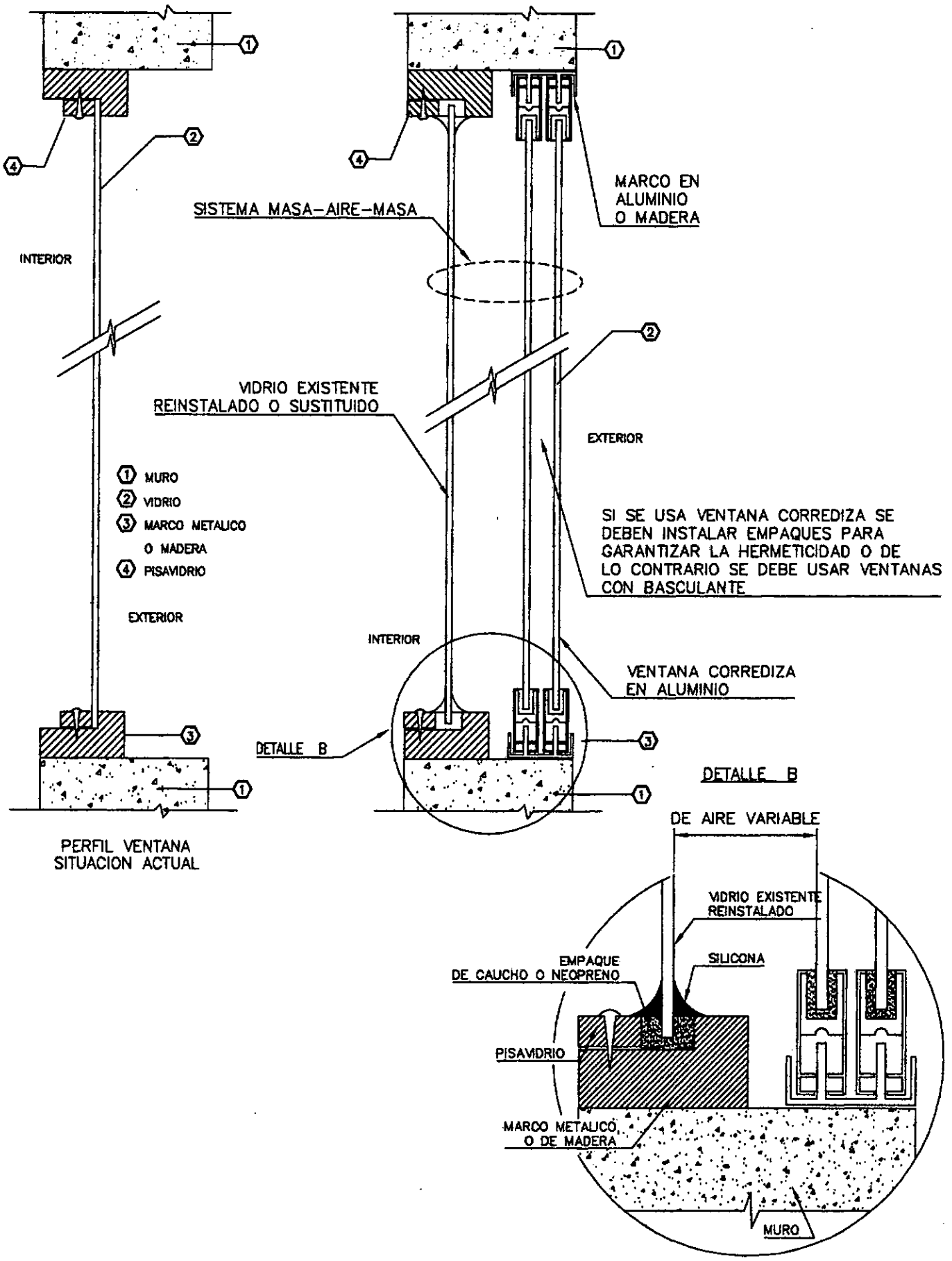
ESTA ACTIVIDAD ES APLICABLE EN TODOS LOS TIPOS DE VENTANAS ESTABLECIDOS CUYAS NAVES NO TENGAN NAVES SECUNDARIAS O DIVISIONES MENORES

CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN VENTANAS AUMENTO DE LA MASA DEL CRISTAL CON VIDRIO LAMINADO	7 OCT/99

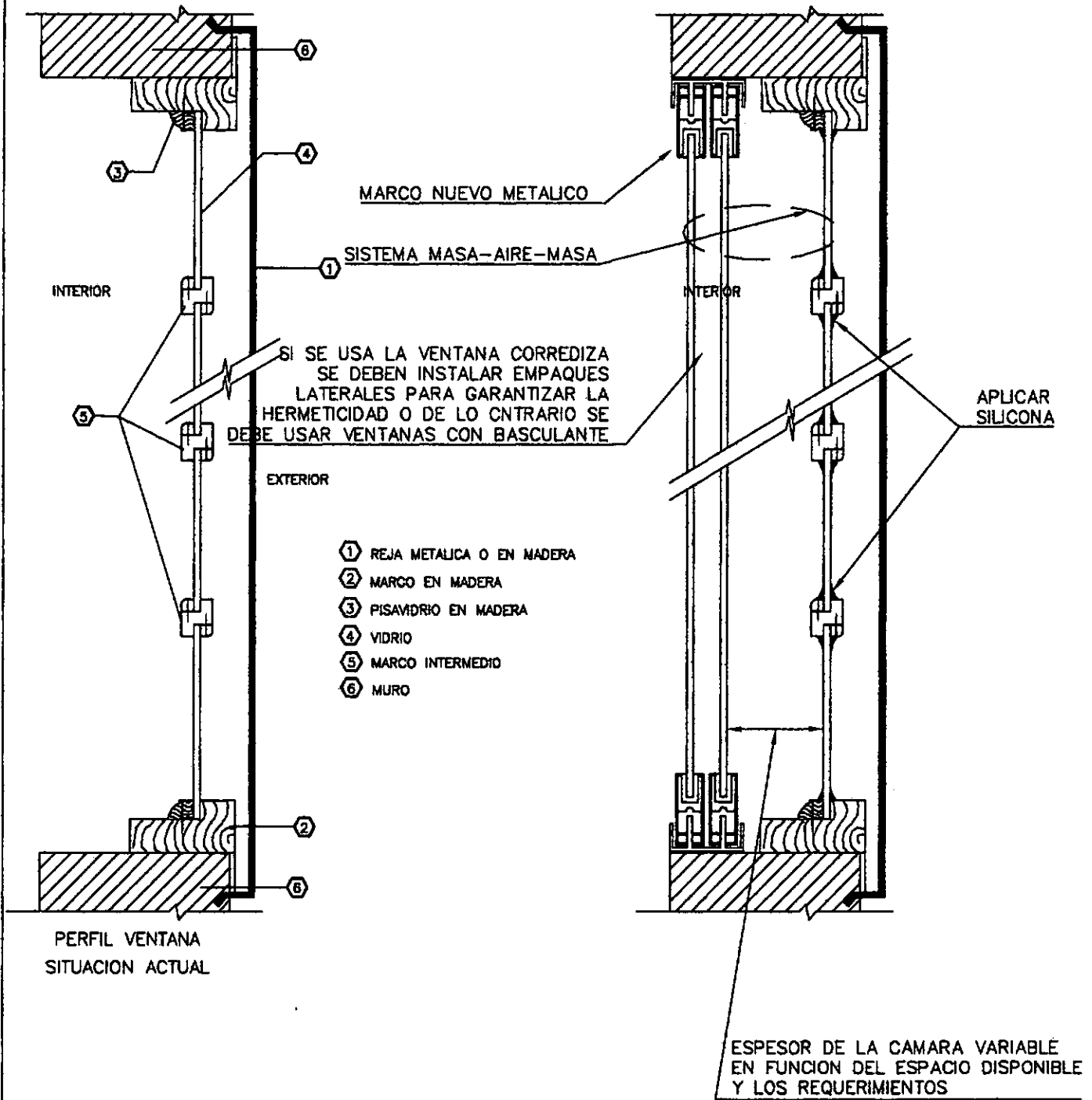
AV2_01.DWG




CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 epam Ltda.	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN VENTANAS CRISTAL DOBLE USANDO LA VENTANERIA EXISTENTE Y SOBRE EL MISMO MARCO	8 OCT/99

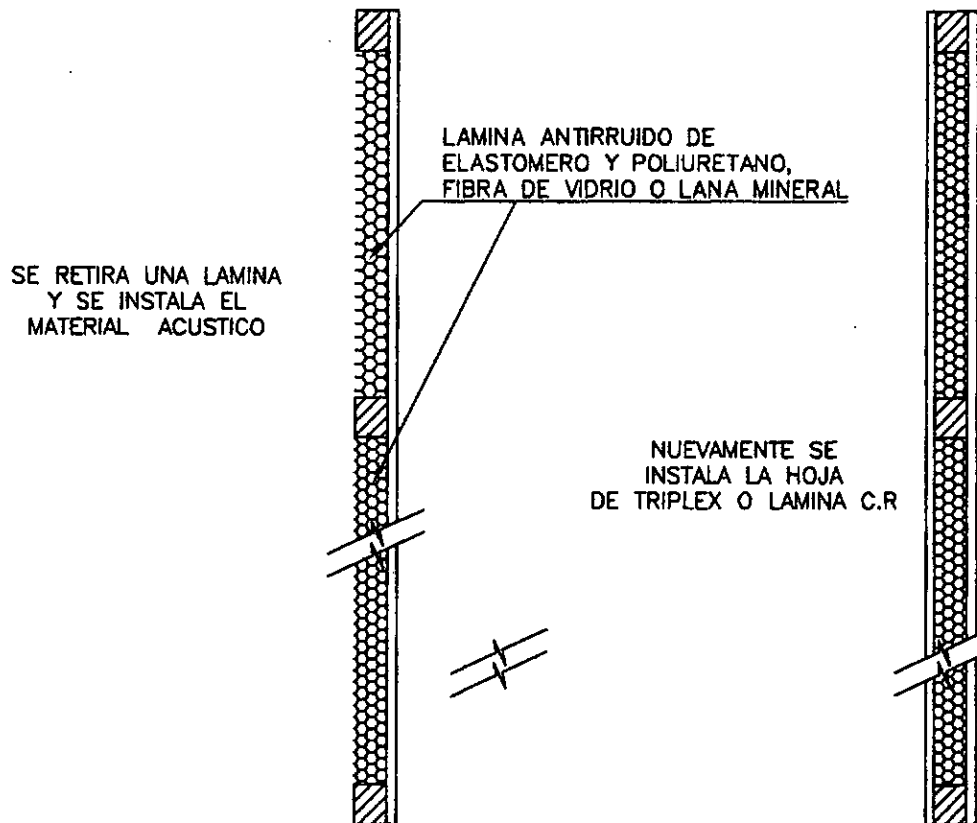
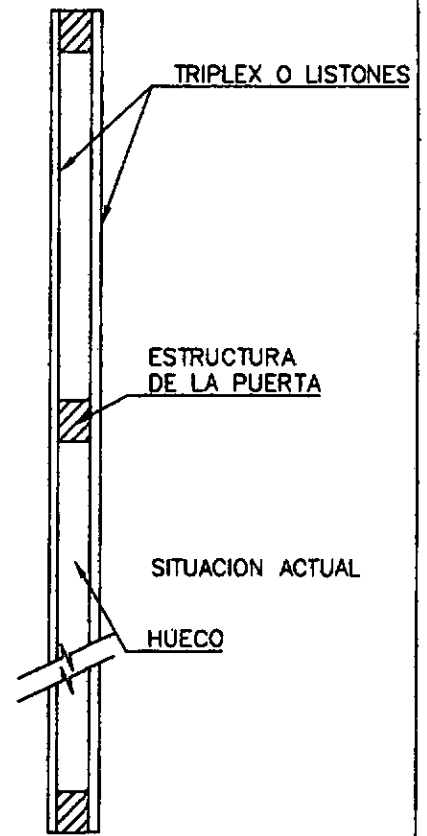
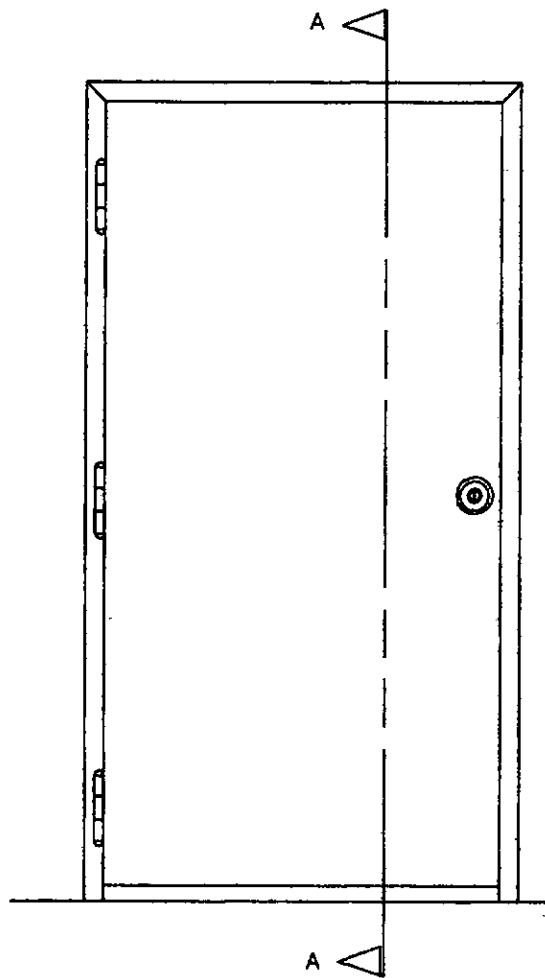



CONSORCIO PROYECTO CONTENIDO FIGURA



ESTA ALTERNATIVA
 APLICABLE A TODOS LOS
 TIPOS DE VENTANAS DE
 MADERA ESTABLECIDAS,
 CUYOS VANOS CUENTEN
 CON EL ESPACIO
 SUFICIENTE

CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 epam Ltda.	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN VENTANAS CRISTAL DOBLE CON MARCO NUEVO METALICO O DE MADERA	10 OCT/99

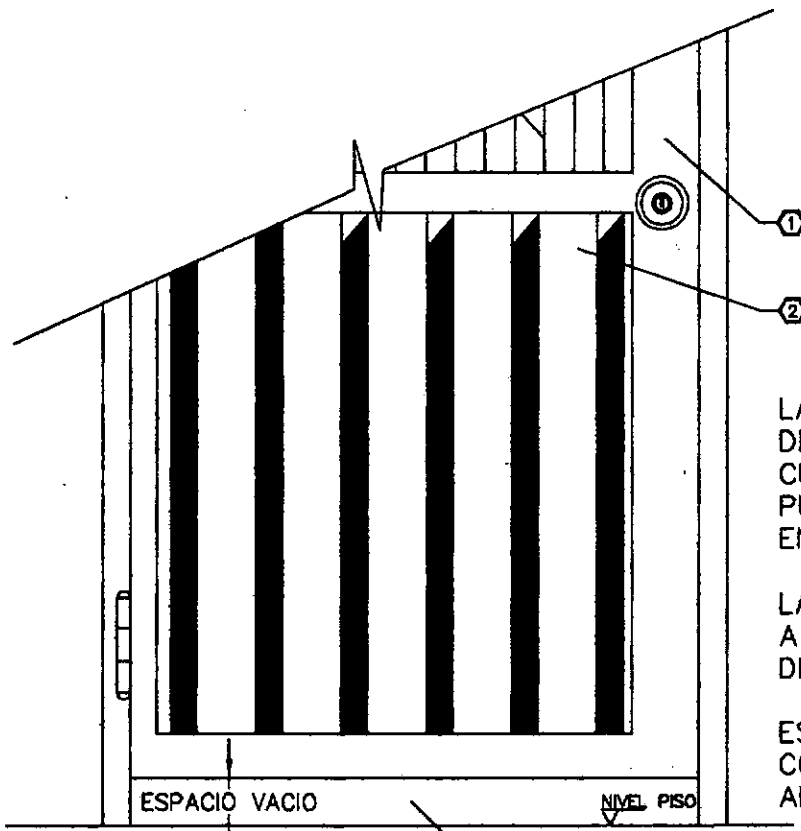


CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 <p>epam Ltda.</p>	<p>PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO</p>	<p>MITIGACION DE RUIDO EN PUERTAS RELLENO DE PUERTAS HUECAS CON MATERIAL ACUSTICO</p>	<p>11 OCT/99</p>

AV2_01.DWG

VISTA FRONTAL DE UNA PUERTA POR EL INTERIOR DEL INMUEBLE

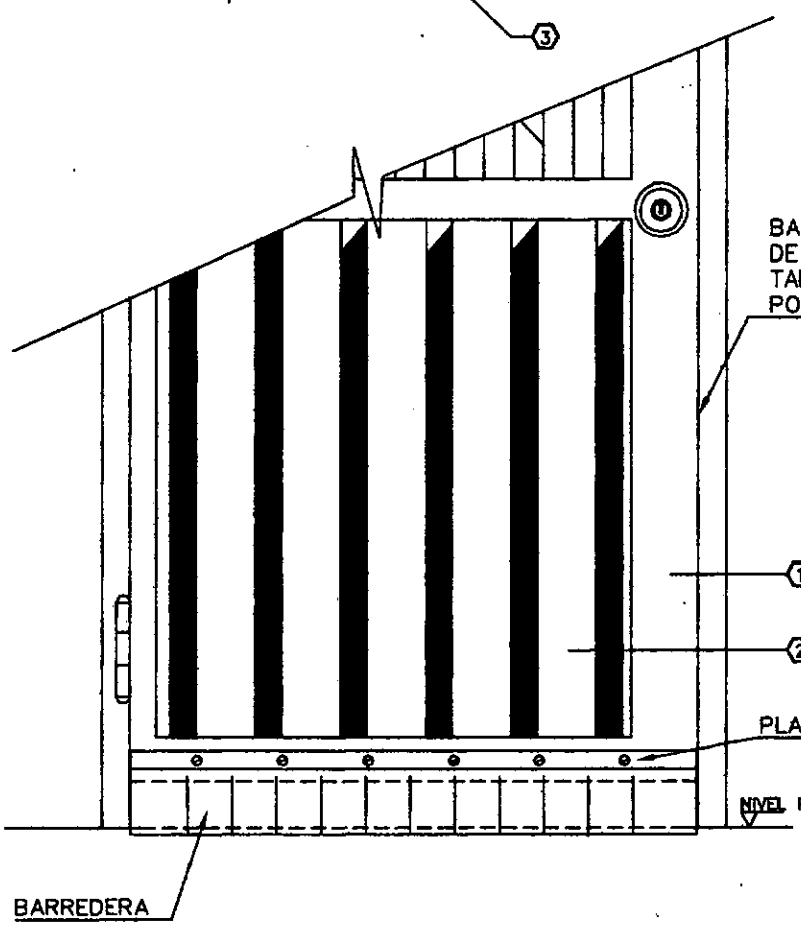
- ① MARCO
- ② HOJA
- ③ UMBRAL
- ④ BANDA DE BARBAS SINTETICAS
- ⑤ PLATINA METALICA



LA BANDA DE BARBAS SINTETICAS HA DE SER FLEXIBLE Y RESISTENTE, QUE CUBRA EL ESPACIO VACIO ENTRE LA PUERTA Y EL PISO ELIMINANDO LA ENTRADA DE FRIJO POLVO Y RUIDO.


LA PLATINA METALICA VA ATORNILLADA A LA PUERTA SOSTENIENDO LA BANDA DE BARBAS

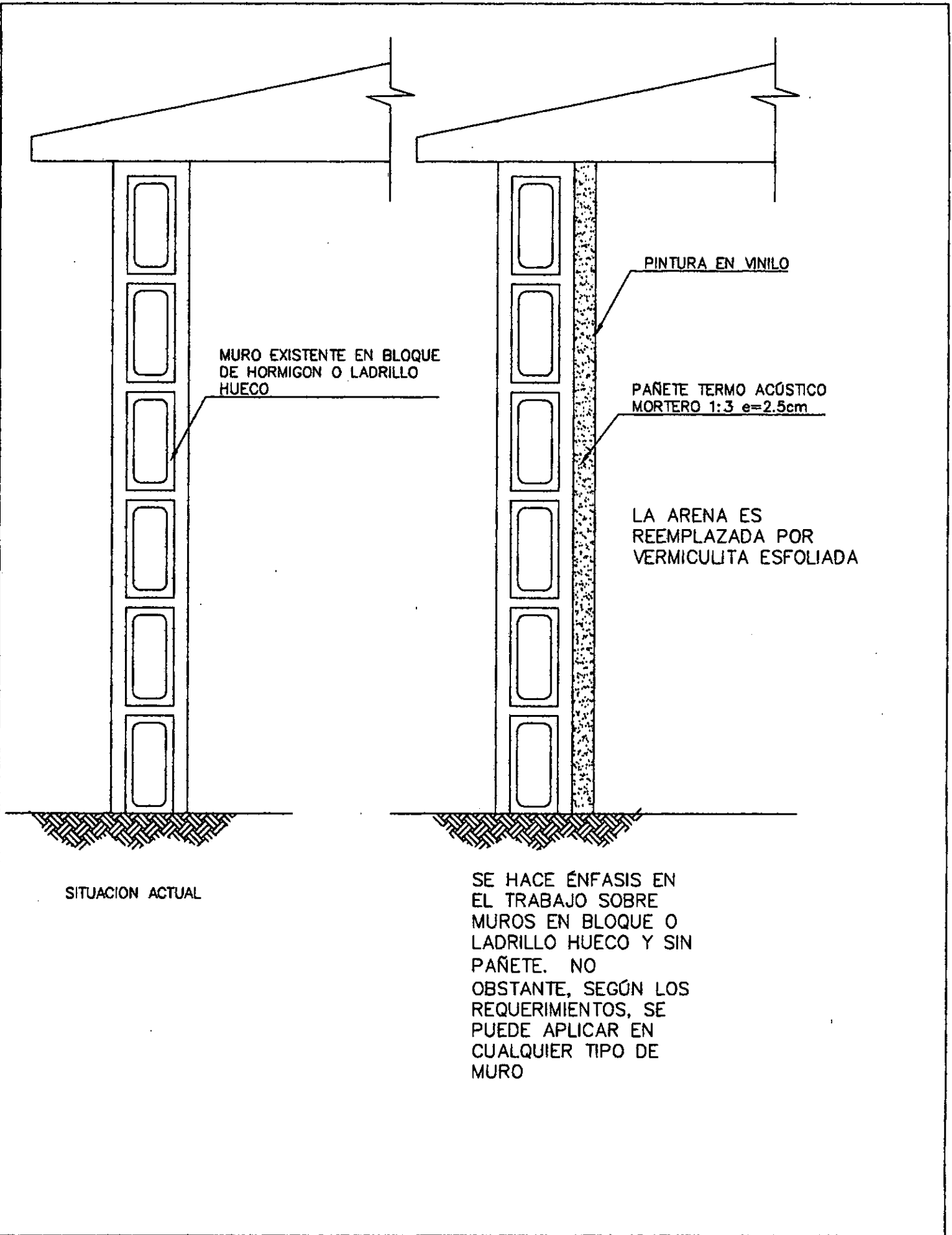
ESTA ALTERNATIVA PUEDE SER COMPLEMENTARIA A LAS ALTERNATIVAS ANTERIORES




BANDA PERIMETRAL DE EMPAQUE TABULAR EN POLIURETANO

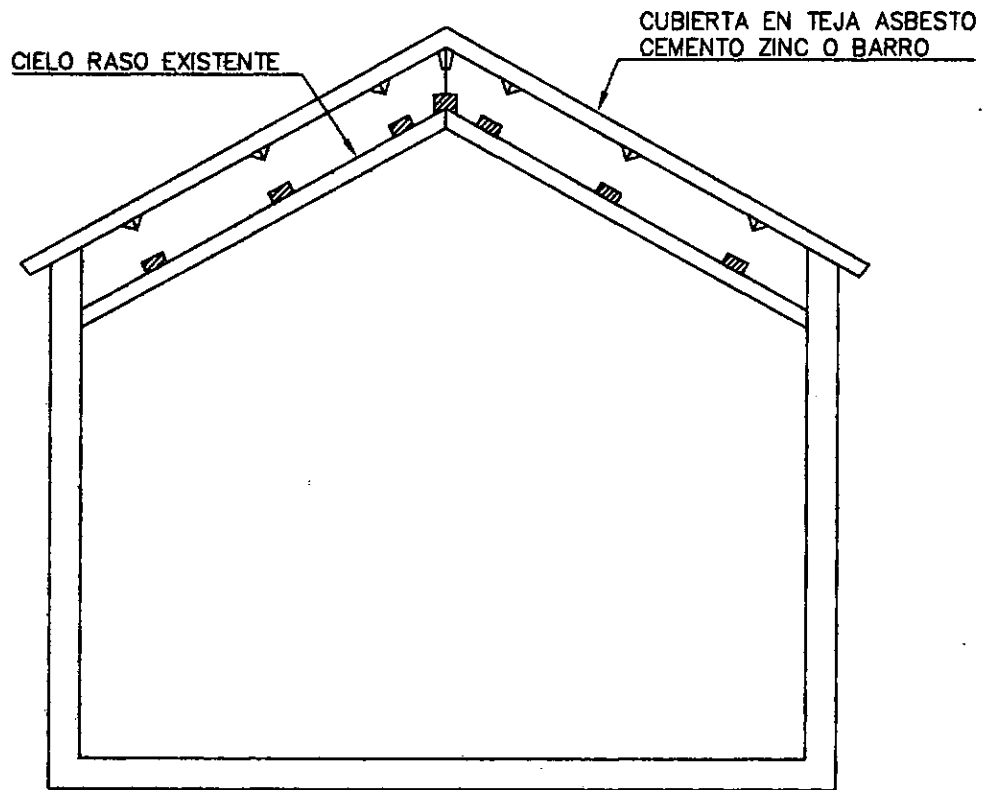
PLATINA METALICA

CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 epam <small>Ltda.</small>	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN PUERTAS MEDIDAS COMPLEMENTARIAS	12 <small>OCT/99</small>



CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 <p>epam Lda.</p>	<p>PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO</p>	<p>MITIGACION DE RUIDO EN MUROS MEJORAR LAS CONDICIONES DE LOS MUROS EXISTENTES</p>	<p>13 OCT/99</p>


AV2_01.DWG



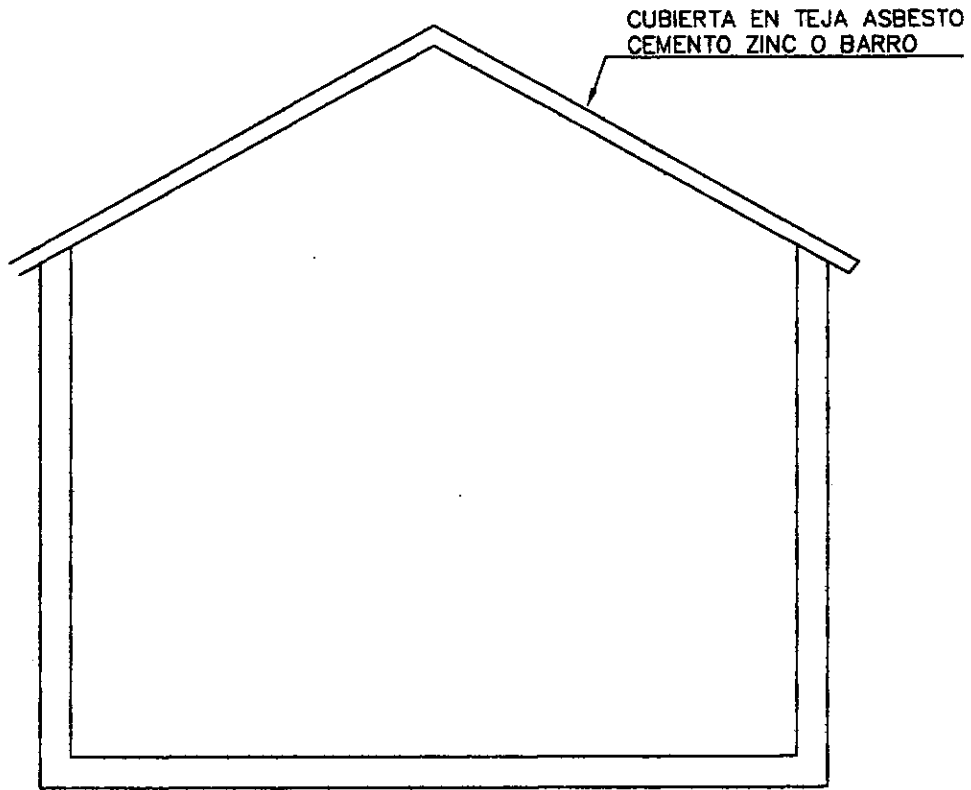
SITUACIÓN ACTUAL



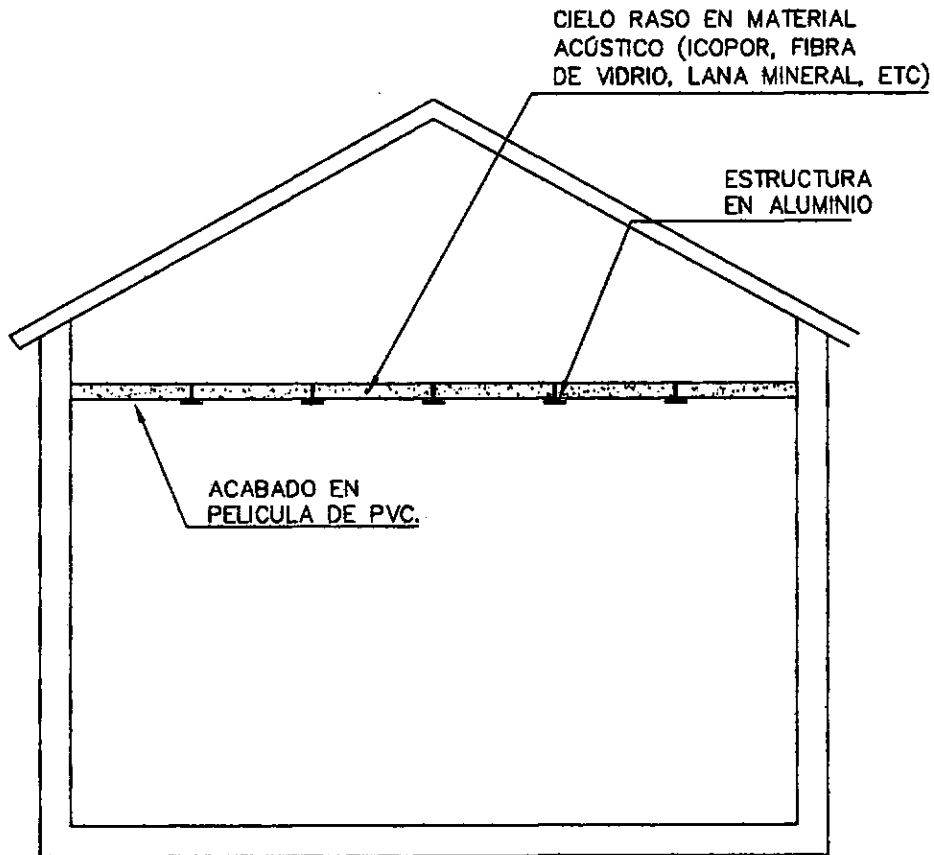
INSONORIZACIÓN

CONSORCIO	PROYECTO	CONTENIDO	FIGURA
 epam <small>Ltdo.</small>	PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO	MITIGACION DE RUIDO EN CIELORASOS INSTALACION DE MATERIAL ACUSTICO SOBRE CIELO RASO EXISTENTE	14 <i>OCT/99</i>

AV3_01.DWG



SITUACIÓN ACTUAL



INSONORIZACIÓN

CONSORCIO

PROYECTO

CONTENIDO

FIGURA

AV2_01.DWG



epam
Ltda.

PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO

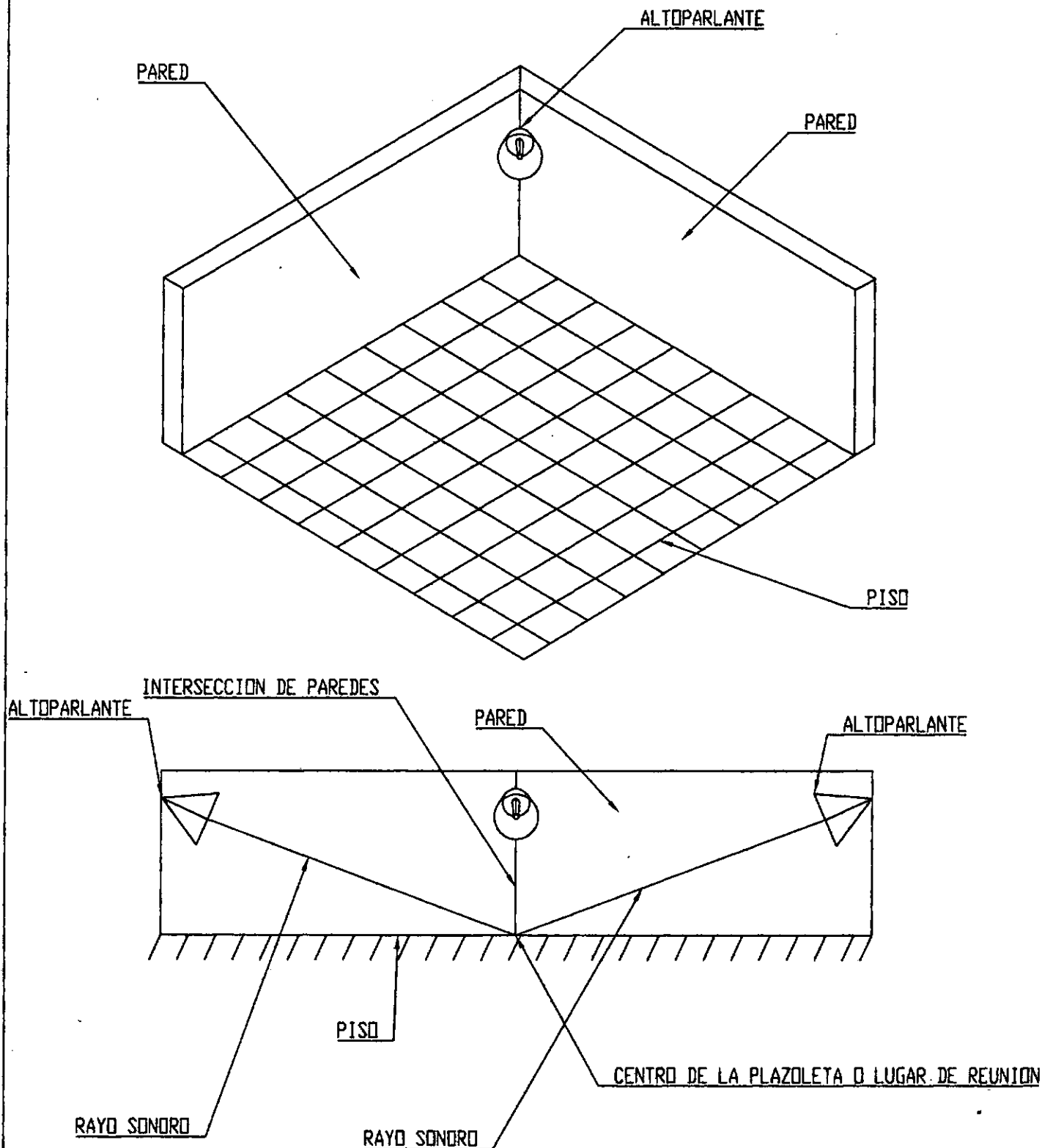
MITIGACION DE RUIDO EN CIELORASOS
INSTALACION DE CIELO RASO ACUSTICO NUEVO

15
OCT/99

32

NOTA:

LOS ALTOPARLANTES DEBEN SITUARSE EN LA INTERSECCION DE MUROS A UNA ALTURA INFERIO A LAS PAREDES COINCIDENTES.



NOTA: LOS ALTOPARLANTES DEBEN INCLINARSE DE TAL FORMA QUE EL RAYO SONORO ESTE DIRIGIDO AL CENTRO REUNION O PLAZOLETA.

CONSORCIO

PROYECTO

CONTENIDO

FIGURA



epam
Ltdo.

PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DEL RUIDO

UBICACION DE ALTOPARLANTES EN UNA PLAZOLETA O SITIO DE REUNION AL AIRE LIBRE

16

OCT/99