



El ruido y su mitigación

Módulo 5c

Transporte Sostenible:

Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

VISIÓN GENERAL DEL TEXTO DE REFERENCIA

Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

¿Qué es el Texto de Referencia?

Este *Texto de Referencia* sobre Transporte Urbano Sostenible aborda las áreas claves de un marco general para una política de transporte sostenible en una ciudad en desarrollo. El *Texto de Referencia* consta de más de 20 módulos.

¿Para quién es?

El *Texto de Referencia* se ha diseñado para formuladores de políticas en ciudades en desarrollo y sus asesores. Este grupo objetivo se refleja en el contenido, que proporciona herramientas apropiadas de políticas para su aplicación en una serie de ciudades en desarrollo.

¿Cómo se debe utilizar?

Estos módulos deben ser proporcionados a los oficiales involucrados en transporte urbano según se necesiten. El *Texto de Referencia* puede ser fácilmente adaptado para ajustarse a un evento de entrenamiento formal y corto, o puede servir como una guía para desarrollar un programa de entrenamiento en transporte urbano. GTZ está elaborando los paquetes de entrenamiento de módulos selectos, disponibles desde 2004.

¿Cuáles son algunas de sus características claves?

Las características claves del *Texto de Referencia* incluyen:

- Una orientación práctica, centrándose en mejores prácticas en planificación y regulación y, cuando es posible, experiencias exitosas en ciudades en desarrollo;
- Los colaboradores (autores) son expertos internacionales en sus campos;
- Una diagramación atractiva, en color y fácil de leer;
- Lenguaje no-técnico (hasta donde es posible), con los términos técnicos explicados;
- Actualizaciones vía Internet.

¿Cómo conseguir una copia?

Por favor visite <http://www.sutp.org> o <http://www.gtz.de/transport> para obtener detalles. El *Texto de Referencia* no se vende con ánimo de lucro. Cualquier cobro es utilizado para cubrir los costos de impresión y distribución. También se puede ordenar a transport@gtz.de.

Comentarios o sugerencias

Damos la bienvenida a cualquiera de sus comentarios o sugerencias, en cualquier aspecto del *Texto de Referencia*, por correo a transport@gtz.de, o por correo postal a:

Manfred Breithaupt
GTZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn / Germany

Más módulos y recursos

Se desarrollarán más módulos en las siguientes áreas: *Financiación de Transporte Urbano* y *Benchmarking*. También habrá recursos adicionales, y existe un CD-ROM de fotos de Transporte Urbano.

Módulos y colaboradores

Visión General del Texto de Referencia y Temas Transversales sobre Transporte Urbano

Orientación institucional y de políticas

- 1a. *El papel del transporte en una política de desarrollo urbano* (Enrique Peñalosa)
- 1b. *Instituciones de transporte urbano* (Richard Meakin)
- 1c. *Participación del sector privado en la provisión de infraestructura de transporte urbano* (Christopher Zegras, MIT)
- 1d. *Instrumentos económicos* (Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. *Cómo generar conciencia ciudadana sobre transporte urbano sostenible* (Carlos F. Pardo, GTZ)

Planificación del uso de suelo y gestión de la demanda

- 2a. *Planificación del uso del suelo y transporte urbano* (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)
- 2b. *Gestión de la movilidad* (Todd Litman, VTPI)

Transporte público, caminar y bicicleta

- 3a. *Opciones de transporte público masivo* (Lloyd Wright, University College London; Karl Fjellstrom, GTZ)
- 3b. *Sistemas de bus rápido* (Lloyd Wright, University College London)
- 3c. *Regulación y planificación de buses* (Richard Meakin)
- 3d. *Preservar y expandir el papel del transporte no motorizado* (Walter Hook, ITDP)
- 3e. *Desarrollo sin automóviles* (Lloyd Wright, University College London)

Vehículos y combustibles

- 4a. *Combustibles y tecnologías vehiculares más limpios* (Michael Walsh; Reinhard Kolke, Umweltbundesamt-UBA)
- 4b. *Inspección, mantenimiento y revisiones de seguridad* (Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. *Vehículos de dos y tres ruedas* (Jitendra Shah, World Bank; N.V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. *Vehículos a gas natural* (MVV InnoTec)
- 4e. *Sistemas de transporte inteligentes* (Phil Sayeg, TRA; Phil Charles, University of Queensland)
- 4f. *Conducción racional* (VTL; Manfred Breithaupt, Oliver Eberz, GTZ)

Impactos en el medio ambiente y la salud

- 5a. *Gestión de calidad del aire* (Dietrich Schwela, World Health Organisation)
- 5b. *Seguridad vial urbana* (Jacqueline Lacroix, DVR; David Silcock, GRSP)
- 5c. *El ruido y su mitigación* (Civic Exchange Hong Kong; GTZ; UBA)

Recursos

6. *Recursos para formuladores de políticas públicas* (GTZ)

El ruido y su mitigación

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento están basados en la información compilada por GTZ y sus consultores, socios y contribuyentes con base en fuentes confiables. No obstante, GTZ no garantiza la precisión o integridad de la información en este libro y no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

- Autor**
- Material en gran parte extraído de un paper* de Tam Pui-ying, Civic Exchange, 2000, <http://www.civic-exchange.org>
 - Material también de la US Federal Highway Administration 1992; y el Banco Mundial 1997, adaptado por GTZ
 - Contribución de estudios de casos alemanes de Michael Jaecker-Cuppers, Umweltbundesamt (UBA)

Con colaboración adicional de Frank Kraatz

*Tam Pui-ying, Civic Exchange, A Comprehensive Review of Noise Policy in Hong Kong, Dic. 2000, disponible en <http://www.civic-exchange.org>

Editor Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P.O. Box 5180
D - 65726 Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de>

Division 44, Medio Ambiente e Infraestructura
Proyecto sectorial:
"Servicio de Asesoría en Política de Transporte"

Por encargo de
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
D - 53113 Bonn, Alemania
<http://www.bmz.de>

Gerente Manfred Breithaupt

Equipo Editorial Manfred Breithaupt, Stefan Opitz,
Karl Fjellstrom, Jan Schwaab

Deseamos agradecer la ayuda brindada por el señor Karl Fjellstrom en la revisión y crítica de todos los artículos escritos, en la identificación de los colaboradores y la coordinación con ellos, y por sus aportes relacionados con todos los aspectos de la confección del Texto de Referencia, además de su supervisión editorial y organizacional durante todo el proceso de desarrollo del Texto de Referencia, desde su concepción inicial hasta el producto final.

Foto de portada Roger Krichbaum
Una calle principal con una señal de
"prohibido usar la bocina", Mumbai, India, 2002

Diagramación Klaus Neumann, SDS, GC

Traducción Esta traducción ha sido inicialmente realizada por Newtonberg Publicaciones Digitales, <http://www.newtenberg.com> (Santiago, Chile) y revisada en 2006 por Carlos F. Pardo. GTZ no se hace responsable por esta traducción o por cualquier error, omisión o pérdida derivados de su uso.

Eschborn, 2006

1. Introducción	1	6. Lecciones aprendidas de la Planificación de Reducción de Ruido en Europa	16
2. Aspectos del ruido	2	Planificación de acciones	17
2.1 Descripción de sonido	2	Acciones típicas	17
Unidades de medición de sonido	2	Estrategias adicionales adoptadas por varias ciudades alemanas	17
Pronosticando los niveles de ruido	4	7. Conclusión	18
2.2 Caracterizando los niveles de sonido	4	8. Referencias y recursos	19
3. Fuentes del sonido vial	5		
Ruido vehicular	5		
Ruido de la fricción con el camino	5		
Comportamiento del conductor	5		
Construcción y mantenimiento	5		
4. La naturaleza y escala de los impactos	6		
4.1 Efectos del ruido sobre la salud .. 6	6		
Introducción	6		
Efectos del ruido sobre la audición humana	6		
4.2 Costos económicos de la contaminación acústica para la sociedad	7		
Introducción	7		
El efecto del ruido sobre la actividad humana	8		
4.3 Factores que contribuyen a los impactos del ruido	9		
Superficies viales	9		
Factores ambientales	10		
Relaciones espaciales	10		
Flujo de tráfico	10		
5. Medidas de reparación	12		
1. Estándares de nivel de ruido	12		
2. Control de vehículos motorizados ..	13		
3. Control de uso del suelo	13		
4. Gestión de tráfico	14		
5. Diseño y mantenimiento de superficies	14		
6. Diseño y geometría de caminos	14		

1. Introducción

El ruido siempre ha sido un problema ambiental importante. En la antigua Roma, existían reglas acerca del ruido emitido por las ruedas de hierro de las carretas que sonaban contra las piedras del pavimento, lo que causaba una interrupción del dormir y molestias a los ciudadanos. En la Europa medieval, no se permitían las carretas de caballos ni el andar a caballo durante la noche en ciertas ciudades, para asegurar un sueño reparador para sus habitantes. Sin embargo, los problemas de ruido del pasado son incomparables con aquellos de la sociedad moderna. Un inmenso número de automóviles, motocicletas, camiones y otros vehículos motorizados circulan por doquier en las ciudades en desarrollo, día y noche. En comparación a otros contaminantes, el control del ruido ambiental ha sido dificultado por un insuficiente conocimiento de sus efectos sobre los humanos y por relaciones de respuestas dosificadas, además de una falta de criterios definidos. Mientras que se ha sugerido que la contaminación acústica es primariamente un problema “de lujo” para los países desarrollados, la exposición al ruido es generalmente mayor en los países en desarrollo, debido a mayores densidades, y planificación y construcción deficientes. Los efectos del ruido son igual de generalizados y las consecuencias de largo plazo para la salud son las mismas. Desde esta perspectiva, es esencial la acción práctica para limitar y controlar la exposición al ruido ambiental (OMS, 2002).

La contaminación acústica en grandes ciudades en desarrollo es un asunto insidioso. En tales ciudades ruidosas, mucha gente se ha acostumbrado a los niveles mayores de ruido que sostienen sus actividades del día a día. Aún así, en una ciudad como Hong Kong, por ejemplo, el ruido es la causa más común de quejas. De las 22.761 quejas recibidas por el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong (EPD) en 1999, 36% eran relativas al ruido. El Instituto de Acústica de Hong Kong llevó a cabo una encuesta de ruidos para evaluar el grado de contaminación acústica sufrida por la población (ver <http://www.hkioa.org>). De las aproximadamente 100 respuestas, las más seria fuente de

contaminación acústica era aquella del ruido de la construcción, seguida del ruido de tráfico. Estas fuentes afectaban en gran parte las horas de estudio de las personas, aunque también interrumpían sus estados emocionales, además de las clases, causando pérdida de concentración, molestia y frustración, ansiedad y estrés.

Aunque se reciben un gran número de quejas de los ciudadanos, pocos consideran que el ruido sea un riesgo serio para la salud. Sin embargo, el ruido no solamente ha sido relacionado a muchos problemas de salud, tales como la hipertensión y afecciones al corazón, sino también con el deterioro en la calidad de vida, dado que interfiere con el habla, el rendimiento, y, por último, con la productividad. En muchas y grandes ciudades en desarrollo, aquellas personas que no han sido afectadas fisiológicamente por el ruido pueden no obstante, haber sido afectadas psicológicamente por él.

El ruido en las ciudades en desarrollo: ¿es un problema?

Hay una opinión generalizada de que el ruido del transporte no es actualmente una materia crítica para las ciudades en desarrollo, especialmente comparado con otras preocupaciones ambientales, como la polución del aire. Esta opinión es ejemplificada en el *Urban Transport Strategy Review* del Banco Mundial (<http://www.worldbank.org/transport>, 2001), el cual estipula que:

El ruido del transporte parece ser considerado mucho menos seriamente en los países en desarrollo que en los países con altos ingresos. Cuando ha habido estudios sobre el daño físico que produce la exposición al ruido ocupacional, estos han sido normalmente en establecimientos de manufacturas. Los niveles experimentados en las calles de los países en desarrollo, aunque no son agradables, se acercan a, pero no exceden, los límites inferiores sobre los cuales el ruido se considera un riesgo ocupacional.

La evidencia de ciudades asiáticas densas tales como Hong Kong, sin embargo, sugieren que el ruido, incluso si actualmente no es una materia de alta prioridad en las ciudades en desarrollo, lo será en los siguientes años representando de manera creciente un problema de salud pública importante en las ciudades en desarrollo que tengan mucha población y estén aumentando su tasa de automóviles.

2. Aspectos del ruido

El ruido es sonido indeseado. El sonido tiene una gama de diferentes características físicas, pero sólo se convierte en ruido cuando tiene un efecto indeseable sobre las personas, ya sea psicológico o fisiológico (ver Sección 4). El ruido ambiental se refiere al ruido que puede afectar nuestros alrededores, e incluye ruido de la construcción, ruido de maquinarias, ruido del transporte, además de ruido doméstico.

El sonido se crea cuando las vibraciones en el aire mueven partículas, en un patrón similar a una onda, que son percibidas por el oído. Las ondas de presión, entonces, son convertidas en eventos iónicos y eléctricos por células sensoriales en el caracol del oído medio, creando impulsos nerviosos que son interpretados por el cerebro como sonido.

2.1 Descripción de sonido

El sonido puede describirse en términos de amplitud, frecuencia, y patrón de tiempo. La amplitud, percibida como volumen, es la medida fundamental de la presión de sonido usada en la mayoría de

las mediciones del ruido ambiental. Los niveles de presión de sonido son medidos en decibeles (dB), y la gama es distribuida sobre una escala logarítmica. De este modo, los sonidos altamente dolorosos, que son 10 millones de veces mayores en presión de sonido que el menor sonido audible, son en decibeles logarítmicamente simplificados a una gama manejable para la comparación.

La frecuencia, percibida como tono, se determina por la proporción en la cual el sonido hace vibrar al aire. El patrón de tiempo se refiere al nivel y patrón de tiempo de un sonido, el que puede ser continuo, intermitente, fluctuante, o impulsivo. El sonido continuo es un nivel constante de sonido durante un período relativamente largo, como el sonido de una catarata, mientras que el sonido intermitente es sonido producido en períodos cortos, que es el caso del timbre de un teléfono. El sonido fluctuante varía en nivel a lo largo del tiempo, tal como el volumen de los sonidos de tráfico en una esquina activa, y el sonido impulsivo es sonido producido en un tiempo extremadamente corto, por ejemplo: un disparo (US EPA, 1979).

Unidades de medición de sonido

Es una práctica común a nivel internacional determinar el ruido en términos de niveles que son expresados como una función logarítmica L de la presión de sonido y adaptados a la sensibilidad del oído humano.

El sonido ambiental es típicamente medido por cuatro descriptores usados para determinar el impacto del ruido ambiental sobre la salud y bienestar de la población. Estos son: el Nivel de Sonido Ponderado A, el Nivel de Exposición al Sonido Ponderado A, el Nivel de Sonido Equivalente, y el Nivel de Sonido de Día/de Noche. El nivel de sonido ponderado A (dB(A)) es la medida más común de expresar el sonido.

Una conversación en una sala de estar silenciosa registraría 60 dB(A), el tráfico promedio de calle a 25 metros de distancia de una calle principal con mucha actividad registraría 70 decibeles dB(A), y un tren de carga diesel a 25 metros registraría aproximadamente 80 dB.

La Sección 5 proporciona los niveles de ruidos recomendados para los ambientes específicos (residencias, escuelas, jardines infantiles y hospitales), aunque debería notarse que pocos lugares

Tabla 1: Niveles típicos de sonidos encontrados en la vida diaria y la industria

Actividad	Nivel de sonido (db(A))
• Desierto	10
• Murmurar de hojas	20
• Habitación en una residencia silenciosa a la medianoche	32
• Susurros suaves a 1,5 metros	34
• Departamento de ropa de hombre en una gran tienda	53
• Aire acondicionado en una ventana	55
• Habla conversacional	60
• Departamento de hogar de una gran tienda	62
• Un restaurante lleno	65
• Una aspiradora en una residencia particular (a 3 metros)	69
• Alarma de reloj despertador (a 60 cm)	80
• Música orquestal fuertemente reproducida en una gran habitación	82
• Exposición prolongada – inicio del daño a la audición	85
• Camión o motocicleta cercana	90
• Concierto rock, discoteca ruidosa	100
• Un taladro neumático	110
• Un despegue de un avión jet	130
• Disparos de armas, explosiones	140

Tam 2000

en muchas ciudades grandes en desarrollo logran el nivel recomendado.

Para hacerse una impresión de dB(A), la Tabla 1 proporciona una lista de sonidos de situaciones típicas y la Figura 1 proporciona una escala gráfica de niveles de sonidos orientados hacia el transporte.

Debido a la escala logarítmica, un aumento de 3 decibeles (A) en los niveles de sonido representa el doble de un sonido. Sin embargo, debido a que la medición del ruido y la percepción de éste no siempre coincide, el doble de la intensidad de un sonido proyectado por la escala científica con un aumento de 3 dB(A) sólo puede ser percibido

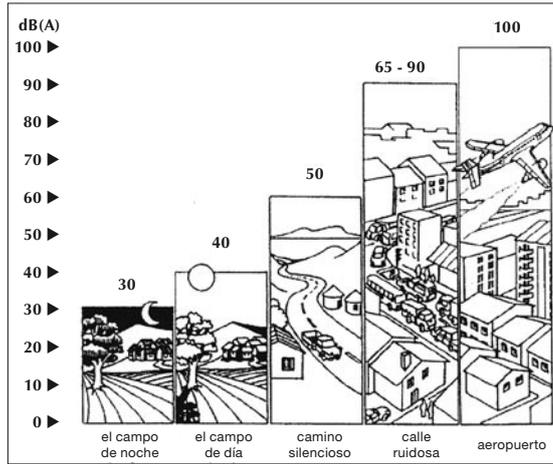


Fig. 1
Escala de niveles de sonido.
Banco Mundial, 1997

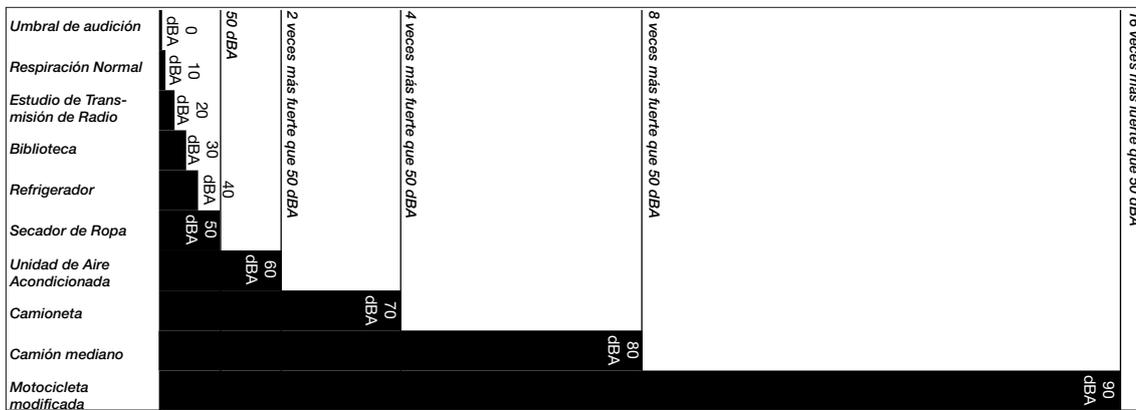


Fig. 2
El principio de la duplicación del sonido.
FHWA, 1992

por los humanos después de un aumento de 10 dB(A) (Tam, 2000). El volumen de los sonidos (es decir, qué tan fuertes parecen para nosotros los humanos) varía entre persona a persona. Por lo tanto, no hay una definición precisa de lo que es el volumen. Sin embargo, la FHWA (1992) observa que basada en muchas pruebas, un nivel de sonido de 70 para la persona que escucha es dos veces más fuerte que un nivel de 60. Este principio se ilustra en la Figura 2.

La Figura 3 muestra el ruido transmitido o propagado de una fuente de emisión móvil hacia un receptor.

Las emisiones de una fuente y, por consiguiente, los niveles de recepción normalmente no son constantes. Para las fuentes móviles, como el ruido de tráfico en las vías, el nivel de ruido está constantemente cambiando con el número, tipo, y velocidad de los vehículos que lo producen.

El nivel acústico equivalente (L_{eq}) es el nivel de sonido de un ruido estable que contenga la misma energía como un ruido variable a lo largo del mismo período de tiempo. Representa el punto medio de la energía acústica percibida durante el período de observación. El nivel acús-

tico equivalente del ruido durante el período de 8:00 am a 8:00 pm se escribe así: L_{eq} (8:00 am – 8:00 pm) o L_{eq} (12 h).

L_{10} (12 h) es una medida alternativa, que indica el nivel de ruido excedido o superado en un 10% del tiempo a lo largo de un período de 12 h. Para el período de 18 horas desde las 6:00 am hasta las 12 de la noche, L_{10} (18 h) es típicamente 3 dB(A) mayor que L_{eq} para el mismo período.

Los niveles de ruido nocturno son generalmente inferiores que durante el día. Por ejemplo, el L_{eq} nocturno (12:00 am – 6:00 am) es típicamente 10 dB por debajo del L_{eq} (8:00 am – 8:00 pm),

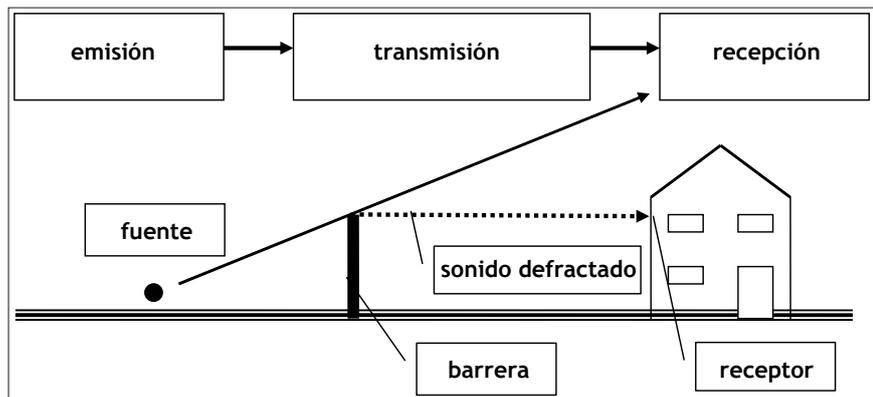


Fig. 3
Emisión, transmisión y recepción del ruido.

excepto en el caso del tráfico nocturno especialmente alto con un alto porcentaje de vehículos de carga pesados.

El nivel acústico equivalente frente (afuera) de la fachada de un edificio que da hacia el tráfico determina la exposición del edificio al ruido. Este es el mejor indicador de la incomodidad causada a los ocupantes del edificio (Banco Mundial, 1997).

Pronosticando los niveles de ruido

Es una práctica común calcular los niveles de recepción de ruido, por varias razones:

- Un pronóstico de situaciones futuras de ruido sólo es posible sobre la base de los cálculos.
- Las mediciones son influenciadas por factores fortuitos, tales como las condiciones meteorológicas y las características de la fuente, haciendo la obtención de resultados representativos bastante costosa.

Entre los métodos de pronósticos se incluyen ecuaciones, modelamiento computacional y modelos físicos, aunque las ecuaciones que estiman el ruido basado en el flujo de tráfico, composición y velocidad son las más simples. Los esquemas de cálculos aplicados están basados en suposiciones de emisión y propagación que normalmente se obtienen a través de las mediciones.

Unos pocos ejemplos de modelos de ruido computacional en uso son FHWA *Highway Traffic Noise Prediction Model* (FHWA-RD-77-108), y el *Traffic Noise Model* (TNM) (ver http://www.fhwa.dot.gov/environment/fhwa_tnm.htm para más información).

2.2 Caracterizando los niveles de sonido

Las variaciones del ruido de tráfico pueden ser diagramadas en un gráfico como se muestra en la Figura 4. Sin embargo, es normalmente poco práctico e incómodo representar el ruido de tráfico de esta manera. Un método más práctico es convertir los datos del ruido en un sólo número representativo. Los descriptores estadísticos casi siempre son usados como un número único para describir los niveles de ruido de tráfico que varían. Como se mencionó antes, los descriptores estadísticos más comunes usados para el ruido de tráfico son L_{10} y L_{eq} . L_{10} es el nivel de sonido que es superado 10% del tiempo.

En la Figura 4, las áreas sombreadas representan la cantidad de tiempo que el valor L_{10} es

superado. Agregando cada intervalo durante el cual esto ocurrió muestra que durante el período de medición de 60 minutos, el L_{10} se excedió 6 minutos ($1/2 + 2 + 2 + 1 1/2 = 6$) ó 10% del tiempo. El cálculo de L_{eq} es más complejo. L_{eq} es el nivel de sonido constante, promedio, que (en un período de tiempo) contiene la misma cantidad de energía de sonido que los niveles variables del ruido de tráfico. L_{eq} para condiciones de tráfico típicas es usualmente cerca de 3 dB(A) menos que L_{10} para las mismas condiciones.

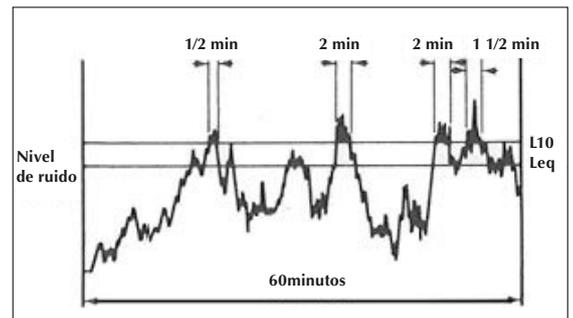


Fig. 4

Descriptores estadísticos del ruido de tráfico.

FHWA, 1992

Mediciones de nivel de sonido

El nivel de sonido ponderado A mide el sonido sobre una escala que refleja detenidamente la forma en que es escuchado por la gente, dándoles más peso a las frecuencias que la gente escucha con mayor facilidad, dentro de 1–6kHz.

El nivel de exposición de sonido ponderado A (L_{eq}) mide la energía total del sonido, sumando la intensidad por la duración de exposición, dando cuenta de la variación en los niveles de sonidos desde fuentes móviles como aviones, trenes, o camiones, para medir el ruido ambiental. El nivel de sonido equivalente ponderado A (LA_{eq}) se usa para medir los niveles de ruido ambiental promedio a los cuales la gente está expuesta. Expresa un valor único de nivel de sonido para cualquier duración proyectada, incluyendo toda la energía de sonido variable todo el tiempo en el período de medición, y se usa cuando la duración y los niveles de sonido, y no su ocurrencia (día/noche), son relevantes. Cuando la ocurrencia del sonido es relevante, como es el caso de las áreas residenciales, se usa el nivel de sonido día/noche (L_{dn}). Este nivel de sonido equivalente ponderado A cubre un período de 24 horas con un suplemento extra de 10 dB sumado a los niveles de sonido equivalentes que ocurren durante las horas de la noche (10:00 pm – 7:00 am).

3. Fuentes del sonido vial

El ruido asociado con las calles y el tráfico tiene cuatro fuentes principales:

- El ruido de propulsión de los vehículos;
- La interacción entre los vehículos y la superficie del camino;
- El comportamiento del conductor; y
- La actividad de construcción y mantenimiento.

Cada uno de ellos se discute en breve en esta sección.

Ruido vehicular

El ruido vehicular proviene del motor, transmisión, escape, y suspensión, y es mayor durante la aceleración, cuesta arriba, durante el frenado del motor, en vías mal mantenidas, y en condiciones de tráfico de detención y arranque. El mantenimiento escaso del vehículo es un factor que también contribuye a esta fuente de ruido.

Ruido de la fricción con el camino

El ruido del contacto entre los neumáticos y el pavimento contribuye en forma significativa al ruido de tráfico total. Hay dos mecanismos importantes de generación de ruidos:

- La aspereza de la superficie de camino causa vibraciones en los neumáticos que llevan a la irradiación de sonido;

- La compresión y relajación del aire en los contornos del neumático en el área de contacto llevan a ruido aerodinámico; también llamado “bombeo de aire”.

El ruido de fricción contra el camino de los vehículos modernos que son conducidos a velocidad constante puede prevalecer en situaciones urbanas interiores. El nivel de ruido depende del tipo y condición de los neumáticos y del pavimento. El ruido neumático/camino generalmente es mayor a alta velocidad y durante el frenado rápido.

Comportamiento del conductor

Los conductores contribuyen al ruido vial conduciendo a altas velocidades, usando las bocinas de sus vehículos, escuchando música estruendosa, gritándose entre ellos y haciendo que sus neumáticos rechinen como resultado de un frenado repentino o una aceleración.

Construcción y mantenimiento

La construcción y mantenimiento de vías generalmente requiere del uso de maquinaria pesada, y aunque estas actividades pueden ser intermitentes y localizadas, de todas maneras contribuyen en gran medida al ruido sostenido durante la operación de los equipos (Banco Mundial, 1997).

4. La naturaleza y escala de los impactos

En los países en desarrollo, la exposición a niveles de presión de ruidos excesivos (>85 dB LA_{eq}), no sólo a partir de ruido ocupacional, sino también de ruido urbano, ambiental, es la mayor causa evitable de daño permanente a la audición. Tales niveles de presión de sonido solamente pueden alcanzarse por actividades de tiempo libre tales como los conciertos, las discotecas, los deportes a motor y los polígonos de tiro; también con música que se toca usando audífonos; y por ruidos de impulso de los juguetes y de los fuegos artificiales (OMS, 2002)

4.1 Efectos del ruido sobre la salud

Introducción

El ruido afecta a la salud. Aunque ha sido tradicionalmente difícil establecer una correlación directa entre el ruido y la enfermedad, existe mucha literatura científica que relaciona el ruido con numerosos efectos sobre la salud. El ruido generalmente se considera muy fuerte a los 70 dB(A). La exposición repetida a niveles iguales o mayores que 85 dB(A) puede causar pérdida de la audición, aunque algunos individuos más susceptibles tendrán pérdida de audición por debajo de este nivel.

Se ha documentado que el ruido contribuye a los niveles de estrés que llevan a efectos posteriores sobre los sistemas cardiovascular e inmunológico. Los ambientes ruidosos pueden tener efectos adversos sobre la adquisición del lenguaje y el desarrollo de la lectura en los niños. La reacción de una madre al ruido también afecta al desarrollo del feto y ha sido relacionado a partos prematuros, bajo peso al nacer, retardo del crecimiento y defectos del nacimiento. El ruido también se ha relacionado a una calidad de vida en deterioro, ya que interfiere con el habla, acelerando e intensificando el desarrollo de conductas sociales negativas, como la neurosis y la irritabilidad, además de interferir con la atención y el posterior rendimiento y productividad.

Efectos del ruido sobre la audición humana

La incapacidad para oír es la dificultad para entender señales acústicas y el habla. Hay

desacuerdos en los estudios acerca de la relación entre la capacidad relativa de daño a la audición del nivel de presión de sonido y su duración.

No obstante, existe consenso general de que los ruidos desde 55 – 60 dB(A) crean disgusto, y que desde 60 – 65 dB(A) aumentan considerablemente el disgusto. Los niveles de exposición al ruido por debajo de los 75 dB LA_{eq} presentan riesgos insignificantes, aunque algunos elevarían a 80 dB LA_{eq}. El valor umbral, donde los ruidos por debajo de este valor no pueden dañar la audición, puede ser incluso inferior debido a las exposiciones que interactúan con ciertas drogas que afectan la audición, químicos, vibración y trabajos en turnos. También puede producirse daño a partir del ruido de impulso, además de ruido de baja frecuencia, aunque todavía no está claro si estos serán anclados en los cálculos de riesgo de daño.

Daño a la audición

Daño a la audición es cuando el nivel del umbral de audición está situado fuera del rango normal, en tanto que la pérdida de audición se refiere al daño de audición que causa dificultades, o un nivel de umbral de audición que esté deteriorado. La sensibilidad de audición normal (en un adolescente saludable) puede detectar sonidos en el rango de audiofrecuencia (aproximadamente 20 – 20.000 Hz). Sin embargo, la sensibilidad de audición individual varía. La presbicusis (pérdida de audición relacionada con la edad) y la sociocusis (pérdida de audición no ocupacional) deben ser corregidas en los datos cuando se analiza pérdida de audición causada por exposición al ruido.

Pérdida de audición inducida por el ruido

La pérdida de audición inducida por el ruido se refiere a la cantidad de pérdida de audición atribuida sólo al ruido, después de que los valores para la presbicusis y la sociocusis hayan sido extraídos. Los desplazamientos en los umbrales inducidos por el ruido pueden ser temporales y permanentes, y son afectados por la susceptibilidad del individuo como tal al riesgo de daño a la audición, además de la intensidad y duración de la exposición al ruido. La exposición a altos niveles de ruido inicialmente puede llevar a un desplazamiento de umbral temporal, donde hay un cambio del nivel de audición de la persona.

Normalmente se recuperarán niveles de audición previos a la exposición, después de que esa exposición haya finalizado.

Las exposiciones repetitivas a lo largo de varios años pueden producir un desplazamiento del umbral permanente, lo cual es una pérdida de audición sensorial y neuronal irreversible. Debido a que la susceptibilidad individual está sujeta a una variación considerable, es difícil identificar un límite seguro de exposición al ruido aplicable para todas las personas. Sin embargo, tanto los hombres como las mujeres están igualmente en riesgo de daño a la audición cuando están expuestos.

Pérdida de audición ocupacional

La pérdida de audición ocupacional se ha encontrado consistentemente en aquellas poblaciones obreras expuestas en forma repetida al ruido intenso diario. El ruido se ha reconocido como uno de los peligros más prevalentes en los lugares de trabajo. Tal pérdida de audición es más común en las mayores frecuencias. Los estudios típicamente muestran un riesgo de daño de audición a niveles de presión de sonido de aproximadamente 85 dB(A) o más, aunque es bien sabido que algunos obreros más susceptibles van a tener pérdidas de audición a niveles por debajo de los 85 dB(A). En Hong Kong, se estima que hay 75.000 obreros industriales expuestos a niveles de ruido de 90 dB(A) y más.

4.2 Costos económicos de la contaminación acústica para la sociedad

Introducción

Todavía no se han desarrollado modelos económicos en las ciudades en desarrollo que puedan usarse para calcular los costos totales causados por la contaminación acústica para la sociedad en general. Esto es importante a la luz de las decisiones que conciernen las políticas gubernamentales de ruido, que normalmente están basadas en modelos económicos, tales como análisis de costos y beneficios. En el corto plazo, la contaminación acústica en aumento generalmente produce valores inferiores de mercado de las propiedades, segregación de población y un deterioro general de las áreas residenciales.

Por ejemplo, en otros países, el ruido de los aviones ha sido relacionado con una depreciación de los valores de las propiedades, en aproximadamente 1% de disminución por decibel (FAA, *Aviation Noise Effects*, 1985).

Los análisis de costos – beneficios necesitarían considerar los costos para la sociedad de las enfermedades, de las discapacidades, y de las pérdidas en la productividad inducidas por el ruido. Hay otros efectos del ruido, menos cuantificados, sobre la calidad de vida, como el disgusto y la incomodidad causada por la exposición al ruido. Pero entre los costos están ciertamente los gastos públicos y privados para las medidas de reducción de ruido, que pueden ser barreras de ruido, vegetación que amortigüe el ruido, y ventanas con aislación acústica.

El costo final del daño causado por la contaminación acústica incluye pérdidas de productividad, costos de cuidados de salud, efectos sobre los valores de las propiedades, y pérdida de bienestar psicológico. El Banco para el Desarrollo de Asia estimó un costo de la contaminación auditiva para las economías asiáticas equivalente a 1% hasta 6% de sus PNB, dependiendo del país y los impactos incluidos en las estimaciones (ADB, 2001). Otros estudios europeos que examinan los costos externos del ruido para la sociedad, especialmente del ruido del transporte, estiman que el costo del daño a las sociedades va desde 0,2% a 2% del PNB.

Un impacto adicional del ruido es la vibración. La vibración provocada por el tráfico puede tener un efecto perjudicial sobre las estructuras emplazadas cerca de las vías y las líneas de trenes. Esto es de especial preocupación en el caso de ubicaciones de patrimonio cultural, que pueden haber estado en pie por siglos, pero ellas no fueron diseñadas para aguantar tal vibración. Los edificios con arreglos provisionarios construidos a la ligera, que son tan comunes en muchos países en desarrollo, pueden ser los primeros en sucumbir al daño que provoca la vibración.

En general el **ruido de tráfico vial**, especialmente en las situaciones al interior de la ciudad, se considera como la fuente predominante de ruido y, por lo tanto, será tratado en las siguientes secciones. El tratamiento de las otras fuentes puede estar basado en suposiciones y técnicas análogas.

El tipo de combustible y de motor también afecta al ruido

Además del tamaño del vehículo, el tipo de combustible y la tecnología de combustión también tienen un impacto significativo sobre el ruido. Ver por ejemplo el módulo 4d: *Vehículos a gas natural* (tanto GNC y GPL son mucho más silenciosos que los vehículos a gasolina o diesel) y el módulo 4c: *Vehículos de dos y tres ruedas* (los motores de 4 tiempos son inmensamente más silenciosos que los de 2 tiempos).

El efecto del ruido sobre la actividad humana

Interferencia con el habla

El habla es una esencial forma de comunicación en la sociedad, y su interferencia de parte del ruido ambiental disminuye la calidad de vida, no sólo interrumpiendo actividades sociales normales y relacionadas con el trabajo, sino que también causando disgustos y estrés. La interferencia con el habla puede también tapar señales vitales de advertencia, como los pedidos de auxilio. La discriminación por habla afecta especialmente a las personas que tienen discapacidad de audición. Y se hace más difícil para todas las personas cuando se está en exteriores en comparación con interiores. La inteligibilidad del habla, cuando se ve interferida por el ruido, produce una capacidad de trabajo disminuida, problemas en las relaciones humanas y estrés.

Interrupción del sueño

La buena salud fisiológica y mental requiere de sueño, especialmente de sueño REM (rapid eye movement = movimiento rápido de ojos, un estado del sueño que caracteriza al sueño profundo), ya que este contribuye al desarrollo y mantención de competencias sensoriales y motrices. El sueño se ve afectado por el ruido, y los efectos medibles comienzan a los 30 dB LA_{eq}. La exposición al ruido induce interrupción del sueño, haciendo difícil quedarse dormido, alterando el patrón de sueño o la profundidad, y aumentando el número de veces que uno despierta durante la noche. Las interrupciones al sueño por parte del ruido también causan reacciones vegetativas fisiológicas, tales como un aumento de la presión sanguínea, un alza del ritmo cardíaco, vaso-constricción, y arritmia cardíaca. Otros efectos posteriores de la exposición al ruido nocturno pueden incluir una calidad reducida de sueño percibido, aumento de fatiga, baja de ánimo o de bienestar.

Todavía se necesita más investigación para analizar las consecuencias que tiene el ruido sobre el sueño y sus costos en la salud, rendimiento en el trabajo, riesgos en accidentes, y la vida social, incluyendo los grupos expuestos (sensibles) y los efectos a largo plazo de la exposición, y también de la relación entre los síntomas psicosociales y la calidad reducida de sueño percibido de la persona.

Efectos psicofisiológicos: estrés, efectos cardiovasculares e inmunológicos

El estrés resultante aumenta la producción de adrenalina en el cuerpo, llevando a aumentos en el ritmo cardíaco y la presión sanguínea. Además de elevar la adrenalina, se ha encontrado que la exposición al ruido eleva los niveles de cortisol en el cuerpo, el cual está involucrado con el funcionamiento suprimido del sistema inmunológico, haciendo que el individuo sea más susceptible a contraer enfermedades. La fatiga del cuerpo ha sido también relacionada con el ruido, ya sea directa o indirectamente a través de la interferencia con el sueño. La exposición al ruido también puede producir una serie de respuestas biológicas, causando náuseas, dolor de cabeza, irritabilidad, inestabilidad, disposición a discutir, ansiedad, instinto sexual reducido, estado nervioso, insomnio y pérdida de apetito.

Todavía se necesita más investigación para estimar los riesgos cardiovasculares y fisiológicos de largo plazo ocasionados por el ruido.

Adquisición del lenguaje en los niños

Se ha documentado que el ruido no sólo afecta a los adultos, sino que también a los niños, además de a los fetos de las mujeres embarazadas. Los ambientes ruidosos que causan interferencia con el habla pueden tener serias ramificaciones en la educación de un niño, especialmente si esto ocurre durante la etapa de desarrollo de adquisición del lenguaje. Los niños que no pueden distinguir sonidos diferentes podrían no aprender a discriminarlos. Y esto puede también distorsionar su habla, ya que ellos podrían omitir partes de las palabras, especialmente las finales. La interferencia con el desarrollo de la lectura también ha sido relacionada a los niveles de ruido.

Efectos sobre el feto

El feto reacciona al ambiente de su madre, y puede ser directamente estimulado por el ruido. El feto también se ve afectado por la reacción de la madre al ruido. Esta combinación de efectos han sido relacionados con un parto prematuro, bajo peso al momento de nacer, retardo del crecimiento y defectos de nacimiento.

Rendimiento y productividad

El rendimiento y, en consecuencia, la productividad, son afectados por el ruido. El ruido in-

terfiere con el rendimiento de tareas complejas, tales como aquellas que requieren de atención continua y sostenida hacia el detalle, atención hacia indicaciones múltiples, y una gran capacidad de funcionamiento de la memoria. De este modo, la ineficiencia es producida cuando el ruido interfiere con la atención, lo que lleva a una productividad reducida.

Comportamiento social

El ruido, como aquel del ambiente ocupacional, se ha asociado con el desarrollo de la neurosis y la irritabilidad. Aunque el ruido no se correlaciona fisiológicamente con el desarrollo de enfermedades mentales, se cree que acelera e intensifica este desarrollo. El ruido puede reducir el espíritu de servicio y aumentar la agresividad. Los ambientes ruidosos causan desagrado e irritabilidad y se ha establecido que reducen los comportamientos serviciales, incrementan los conflictos sociales, y las tensiones.

4.3 Factores que contribuyen a los impactos del ruido

Los vehículos a motor son esencialmente ruidosos, y los impactos del ruido son inevitables en cualquier desarrollo de calles y situaciones de tráfico, sin importar la escala o índole. Los factores que contribuyen a los impactos de ruido son, sin embargo, altamente variables; en consecuencia, la naturaleza de los impactos de ruidos asociados con proyectos individuales de calles difieren en gran medida. Los factores contribuyentes pueden ser clasificados en seis grupos, que se describen en las siguientes secciones.

Factores vehiculares

Diferentes tipos de vehículos producen diferentes niveles de ruido. En general, los vehículos pesados, como los camiones de transporte, hacen mucho más ruido que los automóviles livianos; éstos tienden a tener más ruedas en contacto con la vía (ver Figura 5), y, a menudo, usan frenos del motor en la desaceleración. Los vehículos con escaso mantenimiento, tales como aquellos con tubos de escape incompletos o frenos deteriorados, son más ruidosos que los vehículos bien mantenidos. También, ciertos tipos de neumáticos, como aquellos no carreteros o para la nieve, son especialmente ruidosos.

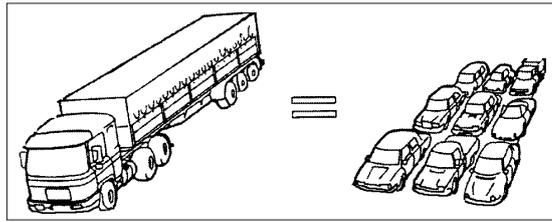


Fig. 5

Equivalencia acústica entre vehículos pesados y livianos.

Banco Mundial, 1997

Superficies viales

Las características físicas de la superficie vial y su ambiente juegan un papel importante en determinar la producción de ruido. Los caminos bien mantenidos con superficies lisas son menos ruidosos que aquellos con superficies ásperas, resquebrajadas, dañadas o parchadas. Las juntas de expansión en las superficies de los puentes son especialmente ruidosas. Las superficies de caminos con suelos cubiertos con plantas tienden a absorber y moderar el ruido, mientras que las superficies que reflejan, como el concreto y el asfalto, no tienen ninguna función benéfica (Figura 6).

Geometría vial

El alineamiento vertical de la vía puede afectar la facilidad con que el ruido se transmite a los receptores aledaños. Por ejemplo, el ubicar un camino en un corte por debajo del nivel del terreno o en una plataforma elevada puede ayudar a mantener los receptores fuera de la zona de impacto. Este concepto se ilustra en la Figura 7. También, la presencia de barreras a lo

Fig. 6

Además de reducir sustancialmente los costos de construcción, el uso de vegetación y suelo abierto en este carril de autobuses de Ipswich (GB) produce muchos menos ruido.

Lloyd Wright, 2001



largo de la vía, ya sea especialmente instaladas para el control de ruido como de presencia espontánea, puede disminuir el impacto del ruido vial. Los vehículos tienden a producir mayor ruido cuando suben o bajan cuestas empinadas o cuando toman curvas cerradas; esto significa que los caminos que incorporen estas características tendrán una tendencia a ser más ruidosos en aquellos puntos.

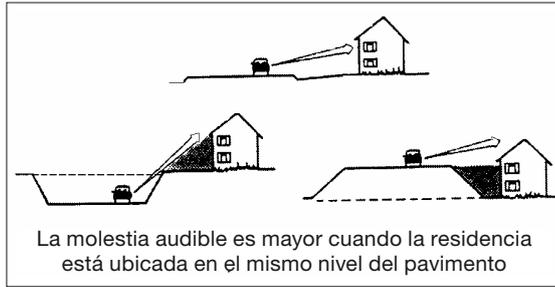


Fig. 7
Posiciones relativas de vías y receptor.

Banco Mundial, 1997

Factores ambientales

Las condiciones del tiempo como la temperatura, humedad, velocidad del viento y dirección del viento prevaleciente pueden tener un papel importante al determinar la forma como las ubicaciones son afectadas por el ruido vial. La temperatura y la humedad determinan la densidad del aire, el cual a su vez afecta la propagación de las ondas sonoras. Los lugares a favor del viento están generalmente expuestos a mayores niveles de ruido que aquellos sitios en contra del viento en los caminos.

Los niveles de ruido ambiental, asociados con actividades industriales y otras propias de los humanos, afectan la percepción de la magnitud del impacto de ruido vial. En áreas con bajos niveles de ruido ambiental, el ruido producido por el desarrollo de una nueva vía generalmente será más perceptible que un nivel de ruido similar en un ambiente con mayores niveles de ruido ambiental. Los nuevos caminos en áreas silenciosas, o ruidosos camiones durante la noche, con frecuencia son percibidos como peores que los mayores niveles de ruido en una zona con mucha actividad durante el día.

Por otro lado, los niveles de ruidos medidos y los potenciales impactos en la salud son mayores donde el ruido de tráfico se combina con el ruido de otras fuentes, posiblemente

desembocando en generando un nivel inaceptable de ruido total.

La topografía también puede tener un impacto sobre el ruido. Por ejemplo, el ruido de las vías que hay en los valles de montaña o cañones tiende a ser más perceptible que aquel de un camino similar en una planicie, por que el ruido es reflejado en las paredes del valle. De igual modo, los cerros y las lomas pueden actuar como barreras naturales al ruido si están situados entre la vía y los receptores. Las vías a nivel que son normalmente necesarios en áreas con tendencia a inundarse, tienden a difundir el ruido sobre distancias más grandes.

Relaciones espaciales

Quizás el mayor determinante de impactos de ruido sea la relación espacial de la vía con los potenciales receptores de ruido. Entre más cerca esté el camino a los receptores, mayor será el impacto (ver Figura 8). Entre mayor sea la densidad de población en áreas aledañas a las vías, es mayor el número de personas que sean probables receptores, y, en consecuencia, mayor el impacto.

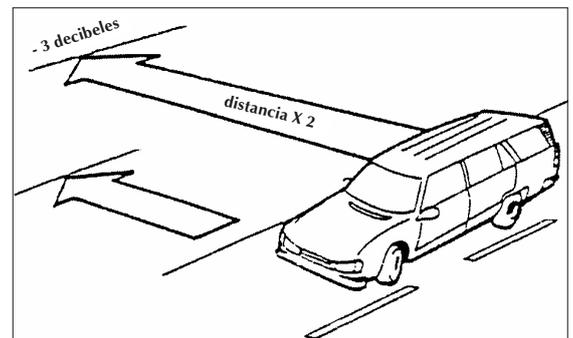


Fig. 8
El doblar la distancia entre el camino y el receptor produce una baja de 3 dB(A) en el nivel de ruido.

Banco Mundial, 1997

Flujo de tráfico

La producción de ruidos de un flujo de tráfico en particular se determina por un número de factores: el tipo de vehículos en la corriente y su nivel de mantenimiento; el número de vehículos pasando por unidad de tiempo (ver Figura 9); la constancia del flujo (los vehículos tienden a ser más ruidosos en tráfico de detención y arranque); y la velocidad del flujo de tráfico (mayor ruido a velocidades altas) (ver Figura 10). La relación entre los ciclos de flujo de tráfico y de

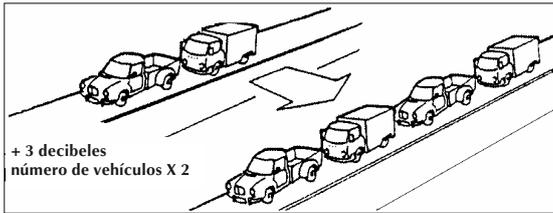


Fig. 9

Cuando se duplica el tráfico en un camino, el nivel de ruido aumenta 3 db(A), siendo todos los otros factores iguales.

Banco Mundial, 1997

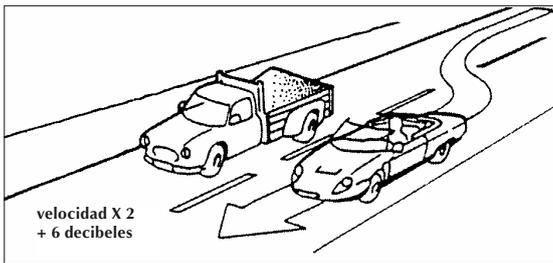


Fig. 10

Doblar la velocidad produce un aumento de 6 dB (A).

Banco Mundial, 1997

Ruido en las ciudades latino americanas

Adaptado de la OMS, 2002

En general, el ruido público en Latino América sigue por encima de límites aceptados. A medida que más y más ciudades en Latinoamérica sobrepasen la marca de 10 millones de habitantes, la situación de contaminación acústica seguirá deteriorándose. La mayor contaminación acústica en las ciudades latinoamericanas viene del tráfico, la industria, situaciones domésticas y de la comunidad. El tráfico es la principal fuente de ruido exterior en la mayoría de las grandes ciudades. El aumento de la potencia de motor del automóvil y la falta de silenciamiento adecuado produce niveles de LA_{eq} callejeros de >70 dB, por encima de los límites aceptables. El ruido de los vehículos tiene fuertes máximos de baja frecuencia a ~ 13 Hz, y a velocidades de 100 km/h los niveles de ruido pueden sobrepasar los 100 dB. El ruido de baja frecuencia (LF) es de origen aerodinámico, producido, por ejemplo, por la conducción con las ventanas del automóvil abiertas. Poco se puede hacer para aplacar estos ruidos de baja frecuencia, excepto conducir con todas las ventanas cerradas. La exposición al ruido debido a actividades de ocio está aumentando a pasos agigantados, y los sitios en construcción, las reparaciones del pavimento y la publicidad también contribuyen al ruido en la vía. Son comunes los niveles de ruido de 85 – 100 dB.

flujo ambiental también es importante. Los niveles de ruido ambiental son generalmente menores durante la noche, y si el ruido de tráfico tiene su máximo de noche, el impacto será mayor. Por el contrario, si el ruido de tráfico tiene su máximo al mismo tiempo que los niveles de ruido ambiental, los efectos serán menos perceptibles.

El Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas de Córdoba, en Argentina, ha investigado la contaminación acústica in situ y en el laboratorio. El efecto más perceptible del ruido urbano excesivo es el deterioro de la audición, aunque otros efectos psicofisiológicos también ocurren. Los efectos del ruido sobre la audición pueden ser especialmente perjudiciales para los niños en las escuelas ubicadas en el centro de la ciudad.

A nivel municipal las ordenanzas de Argentina consideran dos tipos de ruidos: innecesarios y excesivos. Los ruidos innecesarios están prohibidos. Los ruidos excesivos están clasificados según las actividades del vecindario y están limitados a un nivel máximo permitido para el día (7:00 am – 10:00 pm) y la noche (10:00 pm a 7:00 am).

Otras acciones similares se han prescrito a nivel provincial en muchas ciudades de Argentina y de Latinoamérica. Los esfuerzos de control que apuntan a reducir los niveles de ruido de los vehículos individuales muestran mejoras razonables. Sin embargo, muchos esfuerzos de parte por las autoridades municipales para mitigar la contaminación acústica han fallado debido a presiones económicas y otras. Por ejemplo, aunque el control de ruido para los automóviles ha mostrado algunas mejoras, los efectos han sido neutralizados por el crecimiento en la cantidad y potencia de los automóviles.

5. Medidas de reparación

Se ha demostrado en muchos estudios que el L_{eq} tiene una muy buena correlación con los efectos de largo plazo del ruido, como es el caso de los efectos sobre la salud. También es un buen indicador de los impactos que causan disgustos.

Niveles recomendados de ruido para ambientes específicos

Residencias

Los efectos críticos del ruido sobre los hogares son la interrupción del sueño, molestias, e interferencias con el habla. La Organización Mundial de la Salud (ver OMS, 2002) recomienda valores-pauta para los dormitorios de 30 dB LA_{eq} para el ruido constante de creación continua con un nivel máximo de 45 dB LA_{max} . El nivel de presión de sonido del ruido continuo y constante en los balcones, las terrazas, y en áreas con actividad exterior no debiera exceder los 55 dB LA_{eq} , y el ruido durante el día no debe ser más fuerte que 50 dB LA_{eq} , mientras que los niveles durante la noche no deberían estar encima de los 45 dB LA_{eq} , de manera tal que la gente pueda dormir con las ventanas de sus dormitorios abiertas.

Escuelas y jardines infantiles

El ruido puede tener efectos críticos como la interferencia con el habla, la interrupción de la adquisición del lenguaje (incluyendo la comprensión y la adquisición de la lectura), afectar la comunicación de mensajes y provocar disgusto. Los niveles de ruido no debieran exceder los 35 dB LA_{eq} durante las sesiones de clases, si los estudiantes son capaces de escuchar y entender los mensajes orales en las salas de clases, y este valor debiera ser incluso inferior para los niños que tienen dificultad de audición. Los lugares de recreo exterior no deberían tener niveles de ruido por sobre los 55 dB LA_{eq} . Las horas destinadas a dormir en los jardines infantiles debieran atenerse a los valores de pauta para los dormitorios en las viviendas.

Hospitales

El ruido en los hospitales causa interrupción del sueño, molestia, y también interferencia de comunicación, incluyendo señales de advertencia. Los pacientes tienen una capacidad mucho menor para tratar con el estrés. De este modo, las salas en las que se trata a los pacientes o son observados, o donde ellos descansan, no deberían tener más de 35 dB LA_{eq} . Los niveles de ruido en las unidades de cuidado intensivo y los quirófanos deben ser también cuidadosamente monitoreados.

Para las interrupciones al sueño, el L_{max} es un indicador adicional importante. La reducción de ruido debería, en consecuencia, encontrarse en la reducción del L_{eq} , y, para las interrupciones al sueño, adicionalmente en la reducción de los niveles máximos.

Una vez que se ha reconocido que el ruido es un problema serio en la planificación del transporte sostenible, surge la cuestión de qué hacer con este ruido. El ruido de tráfico en las ciudades en desarrollo puede ser afrontado a través de una estrategia de seis partes:

- Establecimientos de estándares;
- Control del vehículos a motor (medidas vehiculares);
- Control de uso del suelo;
- Gestión de tráfico;
- Diseño y mantenimiento de superficies;
- Geometría y diseño de caminos.

1. Estándares de nivel de ruido

Puesto que los indicadores para determinar el ruido son definidos, se pueden estipular regulaciones o estándares acerca del nivel de ruido. El Banco Mundial (1997) proporciona la siguiente orientación útil sobre tales estándares.

Los estándares nacionales pueden especificar un nivel de ruido que no debe sobrepasarse para todos los tipos de zonas (tales como L_{eq} (12 h) bajo los 70 dB(A)) o, de forma más realista, diferentes niveles de ruido para las zonas diferentes, como es el caso de áreas industriales, urbanas, residenciales, o rurales. Los límites más bajos generalmente se especifican para ruido nocturno.

Los detalles de estándares de ruido vial están normalmente disponibles de parte de las agencias de transporte nacional. Si no existen estándares nacionales, se pueden todavía establecer objetivos para los varios tipos de proyectos viales. Los estándares indicativos usados en Europa occidental pueden no sobrepasar un L_{eq} (8:00 am – 6:00 pm) de 65 dB(A) para las residencias en áreas urbanas y 60 dB(A) para las áreas rurales. Es importante, al considerar los estándares internacionales, tomar en consideración las diferencias en los criterios de ruido, métodos de medición, y aplicabilidad hacia los varios tipos de proyectos.

Se debe también mencionar que los estándares de ruido solamente son aplicables para un método de medición definido que especifique la ubicación de los dispositivos de medición y la duración de ésta.

En realidad, un obstáculo para un cumplimiento consistente con los estándares es el hecho de que la medición de ruido depende de muchas variables, como el tiempo climático, el tipo, posición y número de los sensores. A menos que el valor de las variables esté claramente definido y sea estrictamente seguido, el cumplimiento con los estándares puede no ser especialmente significativo.

2. Control de vehículos motorizados

La segunda parte de la estrategia va hacia la fuente del ruido de tráfico: los vehículos. Por ejemplo, los vehículos pueden estar diseñados con compartimientos para el motor, ventiladores que se apaguen cuando no se necesiten, y mejores silenciadores. Los vehículos más silenciosos provocarán una sustancial reducción del ruido de tráfico en los caminos y las vías donde no son posibles otras medidas correctivas. Muchos estados de los EE.UU. han establecido normativas que colocan un límite sobre el ruido que pueden emitir los vehículos nuevos. Generalmente, aquellas normas apuntan a limitar el ruido de propulsión. Adicionalmente, muchos gobiernos locales y estatales han aprobado legislaciones que exigen que los vehículos existentes sean adecuadamente mantenidos y operados. Por desgracia, debido a las limitaciones de la tecnología, aquellas normativas para los nuevos vehículos y las normativas estatales y locales para la mantención de ellos, pueden sólo reducir parcialmente el ruido creado por el tráfico. Lo mejor que se puede esperar es una disminución de 5 a 10 dB(A) dependiendo de los niveles actuales de emisión.

En los países en desarrollo, donde generalmente no hay reglas en cuanto al ruido de los vehículos, se recomienda introducir las al menos aplicadas a los nuevos automóviles, antes de que estos se incorporen al tráfico.

En algunos países (por ejemplo, en la Unión Europea) en adición a los límites para el ruido de propulsión, se han introducido límites de emisiones para los neumáticos. El potencial de

reducción para los neumáticos de bajo ruido es hasta 5 dB(A).

3. Control de uso del suelo

La tercera parte de la estrategia considera controlar las urbanizaciones futuras (ver, por ejemplo, Figuras 12 y 13). Con frecuencia, las quejas acerca del tráfico de carreteras vienen de los ocupantes de las nuevas casas construidas en forma adyacente a una carretera ya existente. Muchas de estas carreteras fueron originalmente construidas a través de terrenos no urbanizados. El control prudente de uso del suelo puede ayudar a evitar muchos problemas futuros de ruidos de tráfico en las carreteras que están orilladas por lotes vacantes que algún día pueden ser urbanizados. Tales controles no necesitan prohibir la urbanización, pero pueden exigir distancias razonables entre los edificios y los caminos además de “aislamiento acústico” u otras medidas de aplacamiento para reducir las molestias del ruido. Muchos gobiernos locales están trabajando con el control de uso del suelo (FHWA 1992).

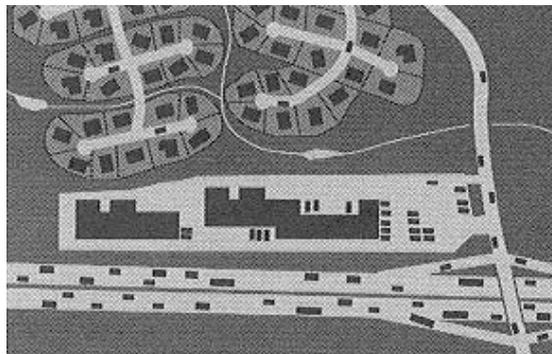


Fig. 12
Los edificios comerciales son menos sensibles al ruido y pueden ser ubicados al lado de una calle, con las residencias más alejadas.

FHWA, 1992

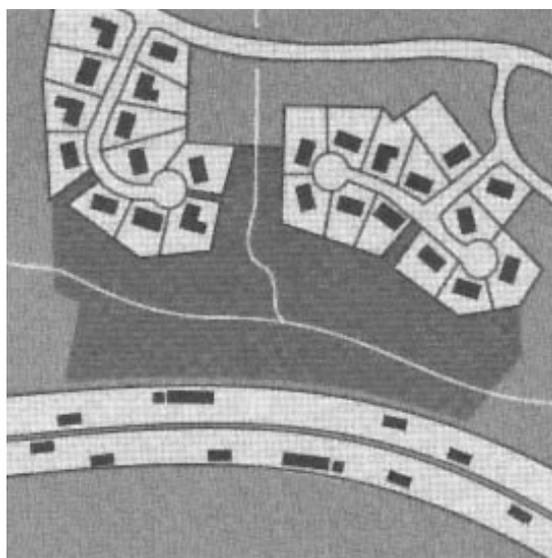


Fig. 13
Se puede dejar espacio abierto como una zona de amortiguación entre las residencias y una calle.

FHWA, 1992

4. Gestión de tráfico

La *gestión del tráfico* puede reducir los problemas de ruido. Por ejemplo, se puede prohibir el paso de los camiones en ciertas calles y caminos, o se les puede permitir usar ciertas calles y caminos sólo durante el día. Los semáforos se pueden cambiar para suavizar el flujo de tráfico y para eliminar la necesidad de paradas y arranques frecuentes. Se pueden reducir los límites de velocidad; no obstante una reducción de aproximadamente 30 km/h en la velocidad es necesaria para una baja perceptible en los niveles de ruido (FHWA, 1992). Se puede prohibir el uso de las bocinas de los vehículos a motor en ciertas ubicaciones (Figura 14).



Fig. 14
Se prohíbe el uso de bocinas de automóviles en esta área de Nanjing Road, Shanghai.

Karl Fjellstrom, Enero 2002

5. Diseño y mantenimiento de superficies

La aplicación de una capa superficial alquitranada sobre las vías de concreto desgastadas es eficaz en reducir el ruido de vías/neumáticos. El uso de asfalto nivelado abierto puede también ser eficiente en reducir el ruido de vías/neumático en áreas sensibles (ver la nota al margen *Opciones de Pavimento*). Algunas jurisdicciones de los EEUU están experimentando con asfalto hecho de neumáticos desechados, lo que parece reducir también el ruido de caminos/neumáticos. Generalmente, las superficies suaves y bien

mantenidas, tales como el asfalto recientemente colocado sin estrías o fracturas, van a mantener el ruido en un mínimo (Banco Mundial, 1997).

5. Diseño y geometría de caminos

La sexta parte de la estrategia de reducción de ruido de tráfico es el diseño y geometría de caminos.

El diseño de las vías debe evitar las cuestas empinadas y las curvas cerradas para reducir el ruido que se produce en la aceleración, frenaje, cambios de velocidades, y uso de frenos de motor de parte de camiones pesados en ubicaciones clave.

Las barreras de sonido están entre las medidas de mitigación más comúnmente usadas. Ellas son más eficaces si rompen la línea de visión entre la fuente del ruido y los receptores que se protegen, y si son lo suficientemente gruesas para absorber o reflejar el ruido recibido. Varios materiales y diseño de fachadas para barreras se han probado para proporcionar máxima reflexión, absorción o dispersión del ruido sin ser estéticamente feas.

Barreras de sonido

Los tipos de barreras del sonido más comúnmente empleados consisten en montículos de tierra o murallas de madera, metal, o concreto que forman un obstáculo sólido entre el camino y las comunidades adyacentes a él (Figura 15). Los montículos de ruido requieren de considerables áreas de suelo adyacentes al camino; para alineamientos estrechos, puentes, y las calles en terraplenes, las barreras del tipo muralla pueden ser la única opción viable. Dos o más tipos de barrera en general se combinan para maximizar la efectividad. Plantar árboles y arbustos, por ejemplo, contribuye escasamente a una real reducción de ruido, pero confieren un beneficio psicológico al reducir la molestia percibida del ruido de tráfico, y, a menudo, se usan para suavizar la apariencia visual de los montículos y las murallas (Banco Mundial, 1997).

Sin embargo, las barreras sí tienen limitaciones. Para que una barrera funcione, tiene que ser lo suficientemente alta y larga para bloquear la vista del camino. Las barreras de sonido hacen muy poco bien a los hogares en una loma que tengan una vista sobre una calle o a los edificios que se

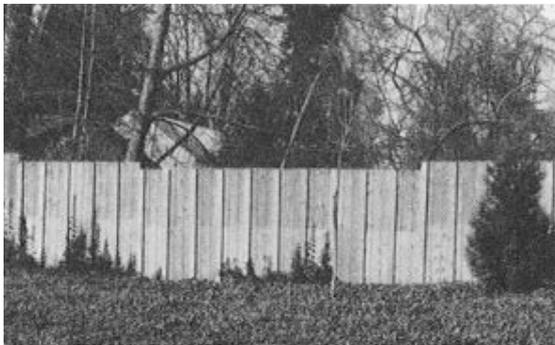
empinen por sobre la barrera. Las aberturas en las murallas de ruido para conexiones con carreteras o calles que se interceptan, destruyen la efectividad de las barreras. En algunas áreas, los hogares están esparcidos a mucha distancia para permitir que las barreras de ruido sean construidas a un costo razonable (FHWA, 1992).

Fig. 15
Tipos de barreras de ruido

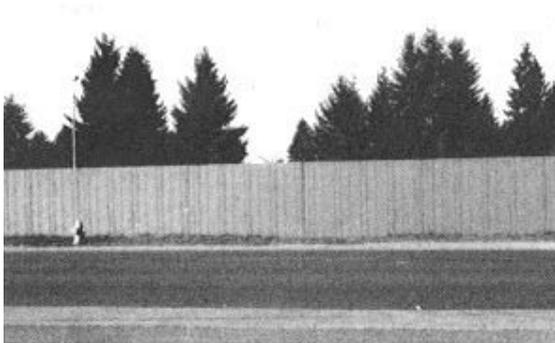
FHWA, 1992



Berma de Tierra como Barrera de Ruido



Barrera de Ruido hecha de Madera



Barrera de Ruido hecha de Concreto con una Textura Imitación Madera

Vegetación

La vegetación, si es lo suficientemente alta, ancha y densa (que no se pueda ver a través de ella), puede bajar el ruido de tráfico de la vía. Un ancho de 200 pies de vegetación densa puede reducir el ruido en 10 decibeles, lo que corta el volumen del ruido de tráfico a la mitad. Es generalmente poco práctico plantar suficiente vegetación a lo largo de un camino para lograr tales reducciones, aunque si ya hay vegetación densa, ésta puede preservarse. Si no existe, se puede plantar vegetación al lado del camino para crear un alivio psicológico, si no una real disminución de los niveles de ruido de tráfico (FHWA, 1992).

Aislación

El construir aislación de fachada, por ejemplo: vidrios dobles, es una opción generalmente adoptada como último recurso para disminuir el ruido en los edificios. Los costos relativos y la efectividad de algunas de las medidas mencionadas antes se comparan en la Tabla 2. Un plan exitoso de reducción generalmente incorporará varias de estas medidas. Una vía de mucha actividad que pase cerca de un edificio alto, por ejemplo, puede requerir de una superficie especial, una barrera o pantalla para reducir el ruido del tráfico en los niveles inferiores, y también aislamiento de fachada para los pisos superiores del edificio (Banco Mundial, 1997).

Opciones de pavimentos: reducir los niveles de ruido en las vías cambiando la composición del pavimento y su porosidad

El pavimento de asfalto convencional generalmente consiste en una mezcla de alquitrán y una gama de materiales conglomerados nivelados que producen *pavimento de asfalto densamente nivelado*.

En contraste, el *pavimento de asfalto de drenaje* usa una mezcla de asfalto nivelado abierto, la cual elimina los conglomerados de la gradación intermedia para obtener una mayor mezcla de porosidad. Los niveles de ruido de los vehículos que viajan en pavimento de asfalto de drenaje (DA) son menores que sobre el pavimento de asfalto densamente gradado (DGA). Para más información ver Banco Mundial 1997, página 161.

Tabla 2: Comparación indicativa de varias medidas de mitigación de ruido

Medida	Efectividad	Costos comparativos
Barrera de tierra	La misma que la de otros tipos de barrera (por ejemplo, madera o concreto); necesita más espacio	Muy barata cuando se dispone de material de relleno en el sitio
Rejas de barrera de concreto, madera, o metal	Buena, necesita menos espacio	10 a 100 veces el costo de una barrera de tierra, pero puede ahorrar costo de suelo
Camino subterráneo (cortado y cubierto)	Una opción extrema para el tráfico muy pesado; requiere de ventilación si tiene más de 300 mt de largo	80 a 16.000 veces el costo de una barrera de tierra
Doble vidrio en las ventanas para un aislamiento de fachada	Buena, pero sólo cuando las ventanas están cerradas; no protege las áreas exteriores	5 a 60 veces el costo de una barrera de tierra

Banco Mundial 1997

Educación y conciencia pública

OMS 2002 http://www.who.int/environmental_information/Noise/Commnoise5.htm

Las políticas de reducción de ruido sólo se pueden establecer si hay disponible un conocimiento básico y material antecedente, y si la gente y las autoridades están conscientes de que el ruido es un peligro ambiental que necesita controlarse. Por ende, es necesario incluir el ruido en las materias de la escuela y establecer institutos científicos para estudiar la acústica y el control de ruido. La gente que trabaje en tales institutos tendría la opción de estudiar en otros países e intercambiar información en seminarios internacionales. La difusión de información acerca del control del ruido hacia el público es un tema para la educación y para la conciencia pública. En forma ideal, grupos de orientación nacionales y locales deberían formarse para promocionar la difusión de información, establecer métodos uniformes de evaluación de impacto y medición de ruido, y participar en el desarrollo e implementación de programas educativos y de conciencia pública.

Capacitación en acústica en Sudáfrica

Las autoridades locales responsables de aplicar los reglamentos publicados por el Departamento de Asuntos Ambientales y Turísticos deben contratar a un funcionario dedicado al control del ruido que tenga al menos tres años de educación superior en ingeniería, ciencias físicas o ciencias de la salud, y que esté registrado en un colegio profesional. Como alternativa puede contratarse un consultor con similar entrenamiento. La mayoría de las universidades de Sudáfrica proporcionan la capacitación relevante, con al menos parte del entrenamiento en acústica. Las universidades y los colegios técnicos también dan una serie de cursos especiales sobre acústica. Durante los últimos dos años se ha expandido la conciencia sobre la conservación ambiental en forma importante dentro de la comunidad académica, y la mayoría de las universidades e institutos técnicos ahora tienen cursos en manejo ambiental. En su parte mínima, estos cursos incluyen un módulo de seis meses en acústica, y generalmente también incluyen entrenamiento en matemática básica; física del sonido; metodología de medición de sonido y contaminación acústica.

6. Lecciones aprendidas de la Planificación de Reducción de Ruido en Europa

Las medidas mitigadoras específicas identificadas en la sección precedente pueden llevarse a cabo en el contexto de un proceso de Planificación de Reducción de Ruido (NAP) [*Noise Abatement Planning*]. En el campo del NAP, la Agencia Ambiental Alemana (Umweltbundesamt – UBA) reunió mucha experiencia práctica en cooperación con la Unión Europea, trabajando con ciudades modelo.

Los resultados indican que el monitoreo del ruido debería aplicarse en toda el área de la ciudad. Para confeccionar NAPs eficaces y para evitar un simple despazamiento de los problemas de un extremo de la ciudad a otro, es indispensable hacer la evaluación del impacto del ruido para toda el área de la ciudad.

Con el fin de limitar los gastos, se desarrollaron métodos simplificados para el monitoreo del ruido (cheques), los que se pueden obtener de la UBA. La experiencia con estos métodos simplificados en más de 30 ciudades demostró que, dependiendo de la situación local, de la profundidad de la investigación y la base de datos disponible, el costo de monitoreo de ruido va entre 0,25 y 1,00 Euro por habitante en Europa. Los gastos se pueden adaptar en los países en desarrollo, dependiendo del área a monitorear. El tiempo requerido varía entre seis y doce meses.

Algunos productos específicos del monitoreo de ruido son:

- **Mapas de ruido** que muestran la distribución de las emisiones de ruido de uno o varias fuentes en el área urbana (ver Figura 16 para un ejemplo).
- **Mapas de conflicto de ruido** que indican aquellas partes del área urbana donde los niveles de ruido de una o varias fuentes sobrepasan los valores umbrales críticos (umbrales alemanes se muestran en la Tabla 3).
- **Listas de índices de ruido** para áreas de calles, que recopilan la amplitud de los conflictos de ruido considerados en su conjunto con el número de gente afectada (UBA, 2001).

Planificación de acciones

Después del monitoreo de ruido, debiera conducirse una **planificación de acciones** que tendrá una duración de otros seis a doce meses, dependiendo de la situación.

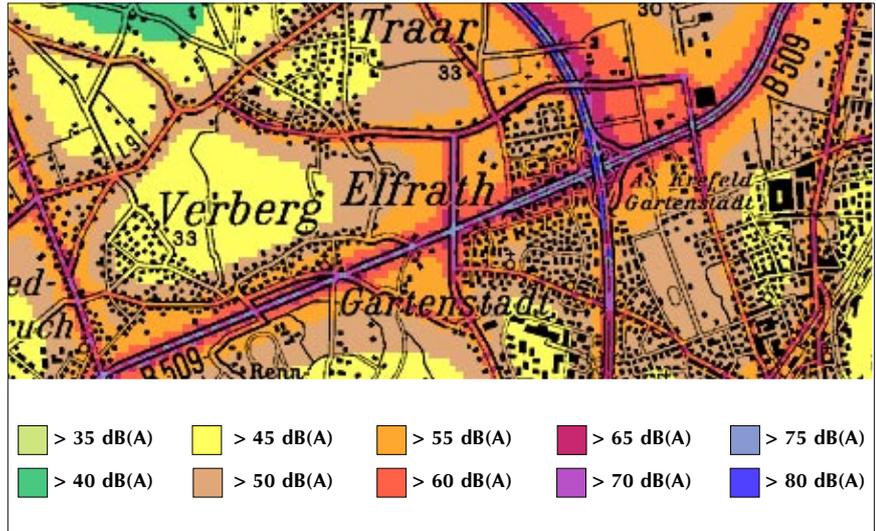
Los planes de acciones normalmente incluyen:

- Reducción de ruido u objetivos de impacto de ruido para varios sitios o la ciudad entera;
- La descripción de las acciones deseadas en el plazo corto, medio y largo, cubriendo un período de tiempo de 5, 10 o incluso más años;
- El pronóstico de los efectos de cada acción y la combinación de acciones sobre el impacto de ruido;
- Una descripción de los gastos probables para cada medida, y el método deseado de financiamiento, incluyendo subsidios de diferentes fuentes;
- El marco legal para cada medida;
- La especificación de la autoridad local o regional responsable de cada medida y de otras instituciones que puedan tener que cooperar;
- Un ranking de medidas de prioridad, si fuese necesario (UBA, 2001).

Acciones típicas

Acciones típicas que se pueden efectuar por parte de los tomadores de decisiones de la ciudad incluirán:

- Reducir las velocidades en las carreteras principales urbanas; pacificación de tráfico en calles menores;
- Mejoramiento de la infraestructura para los peatones y las bicicletas y del transporte público (incluyendo mejoras técnicas de la infraestructura de ferrocarril urbano y la promoción de tranvías y autobuses de bajo ruido);
- Gestión de estacionamientos, restricciones al estacionamiento; gestión de tráfico de cargas y la distribución de mercaderías en la ciudad interior;
- Prohibiciones a los camiones en las calles sensibles, probablemente con la excepción de los vehículos de bajo ruido;
- Prohibiciones generales de tráfico en calles muy sensibles (con la excepción de grupos definidos de usuarios, ejemplo: servicios públicos, taxis, transporte público, los residentes de la calle);
- Diversos instrumentos de planificación de ciudad (por ejemplo: zonificación de ruido en



- áreas comerciales o industriales adyacentes a las áreas residenciales, aislamiento de ruido en los edificios y la vecindad de calles y caminos principales y ferrocarriles, la ubicación de funciones menos sensibles en la vecindad de la fuente de ruido);
- Subsidios a los dueños de propiedades para la instalación de ventanas con aislación acústica;
- Mejoramiento o reemplazo del pavimento de las calles; superficies de calles de bajo ruido;
- Barreras de ruido;
- Proposiciones de acciones de autoridades públicas externas (ejemplo: gestión de tráfico en las autopistas que cruzan la ciudad; planificación de carreteras de circunvalación a través de áreas menos sensitivas para las autopistas locales o regionales y una apelación hacia medidas de mitigación en la vecindad de trenes federales o de aeropuertos).

Estrategias adicionales adoptadas por varias ciudades alemanas

Otras estrategias posibles incluyen estos ejemplos de varias ciudades alemanas:

Fig. 16
Niveles de ruido debido al tráfico de día en los caminos principales de la ciudad Alemana de Elfrath.
UBA, Oct. 1999

Tabla 3: Valores umbrales para efectos dañinos del ruido

	Nivel de ruido equivalente días/noches (24h) [db(A)]		
	Calle/Tren	Avión	Plantas Industriales/Comerciales/Deportivas
Areas de Hospital	57/47	62	45/35
Viviendas sensibles	59/49	62	50/35
Viviendas general	59/49	62	55/40
Areas mixtas	64/54	62	60/45

UBA 2001

- Planificación urbana de objetivos a largo plazo para reducir la necesidad de tráfico. La ciudad de Leipzig, por ejemplo, está desarrollando estrategias para mejorar la distribución de los centros comerciales en la ciudad interior y las más importantes áreas de viviendas, con el objetivo de promover ir a comprar a pie, en bicicleta, y por transporte público. Ver los módulos relacionados, especialmente el Módulo 2a: *Planificación del uso del suelo y transporte urbano*, en cuanto a desarrollo urbano orientado hacia el transporte público, los peatones y las bicicletas.
- Políticas para promocionar las viviendas sin tener que ser dueño de un automóvil. La ciudad de Halle on Saale, en el marco de un proyecto modelo trata de transformar un área de viviendas existentes a una “zona donde usted no necesite su propio automóvil”, al promocionar el compartir el automóvil, las instalaciones para las bicicletas y servicios especiales de compras y transportes para el beneficio de sus habitantes. Se ha mejorado el transporte público y medidas para pacificación de tráfico, y la prohibición de éste en horas y vecindarios especiales también se ha aplicado.
- La ciudad de Pritzwalk construyó un nuevo puente peatonal que enlaza directamente el centro de la ciudad a una importante área de viviendas al otro lado del arroyo. Este puente evita mucho tráfico de automóvil. Como el puente fue construido en el marco de un ejercicio del ejército, la ciudad sólo tuvo que pagar los materiales de construcción.
- La ciudad de Oberhausen y varias ciudades en Brandenburg encontraron una solución de bajo costo para el impacto de ruido de los trenes federales. Para establecer barreras de ruido, ellos permitieron que los contratistas de construcciones depositaran la tierra, que habían extraído de los sitios en construcción, a lo largo de las líneas de ferrocarriles existentes, bajo la condición de que la tierra fuera suficientemente limpia y que la barrera resultante finalmente fuera cubierta con plantas y mantenida por los contratistas. Para los contratistas esto les evitó tener que pagar las cuotas de descargas, que son bastante considerables en Alemania (UBA, 2001).

7. Conclusión

La OMS (2002) da un buen resumen de las medidas aplicables a las ciudades en desarrollo. El manejo de ruido debiera:

- a. ***Comenzar monitoreando la exposición humana al ruido.***
- b. ***Hacer que el servicio de salud exija la reducción de emisiones ruidosas. Los procedimientos de mitigación deberían considerar ambientes específicos, como lo son las escuelas, plazas de juego, viviendas y hospitales; ambientes con múltiples fuentes de ruido, o que puedan amplificar los efectos del ruido; períodos de tiempo sensibles, como las tardes-noches, noches y vacaciones; y grupos de alto riesgo, como son los niños y las personas con dificultad de audición.***
- c. ***Considerar las consecuencias del ruido cuando se tomen decisiones sobre planificación de uso del suelo y sistemas de transporte.***
- d. ***Introducir sistemas de vigilancia para los efectos adversos a la salud relacionados.***
- e. ***Evaluar la efectividad de las políticas de ruido en cuanto a reducir la exposición al ruido y los adversos efectos a la salud, y mejorar “paisajes de sonidos” [soundscapes] que brinden apoyo.***

Después de una descripción inicial de los conceptos básicos del ruido y algunos de sus impactos, se han esbozado medidas de reparación relevantes para los países en desarrollo, concentrándose en una estrategia de seis flancos:

- Estándares de nivel de ruido;
- Control de vehículos a motor (medidas vehiculares);
- Control de uso del suelo;
- Gestión de tráfico;
- Diseño y mantenimiento de superficies;
- Diseño y geometría de vial.

Para ayudar a las ciudades en desarrollo que estén contemplando la construcción de un ambiente atractivo y de bajo ruido, se les proporcionó algunas estrategias innovadoras y acciones que ciertas ciudades alemanas siguieron para combatir el ruido.

8. Referencias y recursos

Referencias del texto

- Asian Development Bank, Asian Environmental Outlook 2001, Manila, 2001
- Tam Pui-ying, Civic Exchange, Noise Policy in Hong Kong, December 2000, <http://www.civicexchange.org>
- Umweltbundesamt (UBA), NOISE-CON, Noise Abatement Plans in Towns, Gertrude Penn-Bressel, Berlin 2001
- U.S Department of Transportation – Federal Highway Administration (FHWA) Highway Traffic Noise, 1992, <http://www.fhwa.dot.gov/environment/hnoise.htm>
- World Health Organisation (WHO), Ed. Brigitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich Schwela, Kee-Tai Goh, Guidelines for Community Noise, 25-Jun-2002, <http://www.who.int/peh/noise/guidelines2.html>
- Worldbank TWU-31, Roads and the Environment: A Handbook, 1997, <http://www.worldbank.org/transport/roads/environ.htm>

Referencias en video e impresas de FHWA

- FHWA (US), Accoustics and Your Environment – the Basics of Sound and Highway Traffic Noise Video, 1999, http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/ac_vid_m.htm. El video tiene una duración aproximada de 48 minutos y es para una audiencia que quiera una explicación extensa y detallada de la materia en cuestión: analistas de ruido de tráfico o residentes inmediatamente adyacentes a una barrera de ruido propuesta.
- FHWA (US), Entering the Quiet Zone: Noise-compatible Land Use Planning, 2002, <http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/quietzon>. or as a .pdf (2,8 MB), <http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/quietzon/quietzon.pdf>. Este folleto 1) resume la naturaleza general de ruido de tráfico de carreteras, 2) da ejemplos de Estrategias de Ruido compatibles con Uso del Terreno en construcción o previstas, y 3) fomenta una postura proactiva por parte de los tomadores de decisiones locales, urbanizadores y ciudadanos para participar e influir activamente en el uso del terreno aledaño a las vías.
- Otros recursos FHWA relacionados con el ruido: http://www.fhwa.dot.gov/environment/ab_noise.htm.



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
P. O. Box 5180
65726 ESCHBORN / GERMANY
Phone +49-6196-79-1357
Telefax +49-6196-79-7194
Internet <http://www.gtz.de>

