



## DETERMINACIÓN DE UN ÍNDICE DE PRIORIDAD ACÚSTICA

PACS: 43.50.Yw

Thorson, Ole (1); Thomsen, Jytte (1); Verger, Betina (1); Sumpsi, Carles (2); Majó, Maite (2)  
(1) Intra S.L.

Rambla de Catalunya 29, 4<sup>o</sup>-2<sup>a</sup>

08007 Barcelona

Tel: (34) 932 683 145. Fax: (34) 932 687 776

E-mail: [mobilitas@terra.es](mailto:mobilitas@terra.es)

(2) Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya

Av. Diagonal 523-525

08029 Barcelona

Tel: (34) 934 445 000. Fax: (34) 934 193 145

E-mail: [sia.dma@gencat.net](mailto:sia.dma@gencat.net)

### ABSTRACT

The acoustic priority index has been developed in order to meet the different situations that we find in the territory related to the acoustical contamination produced by transportation infrastructures. The index is related to the sound level, the number of persons affected, residents and pedestrians, and the discomfort caused by the noise. A factor related to the density of the area has also been introduced, that is, the number of residents per urban area. In order to be able to compare the index in different situations the calculations are made for a 100 m stretch along the road - the noise source.

### RESUMEN

El índice de prioridad acústica nace de la necesidad de establecer una jerarquía de los distintos escenarios que se dan en el territorio en cuanto a la contaminación sonora que provocan las infraestructuras de transporte. El índice está relacionado con el nivel acústico, el número de habitantes que lo perciben, ya sean residentes o peatones, y la molestia que supone dicho nivel sonoro para los que lo perciben. También se introduce un factor relacionado con la ocupación del suelo mediante la densidad urbana, es decir, el número de residentes por superficie del término municipal calificada como urbana. El ámbito de aplicación se ha definido como el área comprendida en un tramo de 100 m de la infraestructura de transporte, fuente del ruido.

### MÉTODO DE CÁLCULO DEL IPA

La metodología debe permitir la cuantificación, valoración y priorización de las diversas situaciones que se producen en el territorio en materia de contaminación acústica.

Es preciso, por lo tanto, que cumpla una serie de requisitos:

- El método de cálculo debe satisfacer tanto a aquellos municipios que no dispongan de grandes dispositivos técnicos como a aquellos que puedan y quieran profundizar en la valoración sonora y en las prioridades de actuación.

- Los datos necesarios para llevar a cabo la valoración han de poderse obtener fácilmente, bien sea mediante cálculo o bien con mediciones de campo.

El Índice de Prioridad Acústica (IPA) se define como el valor numérico que posibilitará el establecimiento de la prioridad de actuación para diferentes escenarios del territorio que presenten un alto nivel de molestia acústica.

Este índice relacionará los niveles sonoros que se producen en el territorio con la molestia que causan a las personas.

### **Ámbito de Aplicación**

Para acotar y homogeneizar los ámbitos de aplicación de la metodología, se establece que el IPA se defina por tramos de 100 m a lo largo de la infraestructura de transporte, ya sea por carretera o por ferrocarril.

Se contabilizan todas las fachadas expuestas a la fuente de ruido y se toman las correspondientes medidas de nivel sonoro.

Se considerarán todas las personas afectadas en el tramo de estudio para aproximarse al máximo a la realidad que se pretende evaluar, sin excluir a los residentes expuestos a niveles sonoros menores.

### **Datos de Entrada**

Los datos de entrada han de poder obtenerse fácilmente, dado que la intención es establecer una metodología sencilla en cuanto a su aplicación.

### **Nivel sonoro equivalente en las fachadas y en la acera. $L_{Aeq}$**

El nivel equivalente es el nivel de presión acústica evaluado a lo largo de un periodo de tiempo determinado que establece una media de los valores de presión sonora durante el tiempo de evaluación. Este parámetro de medición acústica es el más importante porque permite referirse a un ruido variable, en un intervalo T, al nivel de presión sonora equivalente al de un ruido continuo; es decir, el aparato que mide realiza la integración energética durante un tiempo determinado.

Es preciso obtener el nivel sonoro que produce la infraestructura en estudio, tanto en fachada como en la acera.

La evaluación de los niveles de ruido producidos por el tráfico puede realizarse utilizando dos métodos diferentes:

#### 1. Métodos de medida

Consisten en la toma de mediciones directas del ruido mediante instrumentos acústicos (sonómetros).

#### 2. Métodos de previsión

Se basan en el conocimiento de las teorías de emisión y de la propagación del sonido; permiten calcular los niveles de ruido a través de la simulación de situaciones reales o probables mediante modelos matemáticos o físicos.

El Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña ha diseñado un método de previsión de los niveles sonoros provocados por el tráfico de carreteras, que en breve será presentado públicamente y se podrá consultar por la red de forma gratuita.

El programa, denominado SIGMA, obtiene, mediante un sistema de cálculo, los descriptores acústicos a partir de datos que debe insertar el usuario:

- **Intensidad de tráfico.** La intensidad media diaria de vehículos (IMD) es el indicador que expresa el tráfico de una vía. La IMD se calcula a partir del número total de vehículos anual que circula por una vía y se puede obtener mediante el conteo de vehículos durante las 24 horas de diferentes días o bien a partir de los datos registrados por la administración responsable de la vía (Diputación, Generalitat, Estado).
- **Composición del tráfico.** Para que los datos sean útiles para realizar cálculos o predicciones del nivel de ruido, los equipos utilizados han de permitir el desglose del número de los vehículos ligeros y de los pesados.
- **Velocidad de la circulación.** El nivel sonoro depende de la velocidad de los vehículos. En caso de que no existan mediciones, podrá utilizarse el nivel máximo permitido del tramo de la vía en cuestión.
- **Distancia de evaluación.** La distancia entre la línea media de emisión del ruido y el punto donde quiere realizarse la evaluación acústica.

Deberán insertarse otras variables que corrijan el nivel sonoro en función de las características de la vía y de las condiciones de propagación del sonido: tipo de firme, pendiente: en los casos en que la sección presente una inclinación superior al 2%, ángulo de visión, absorción causada por el aire, absorción del suelo, barreras, reflexiones, existencia de un cruce, perfil de la calle...

El ruido es un contaminante susceptible de afectar a la salud de las personas y su calidad de vida, ya que, además de incidir en la salud, también influye en la comunicación y en el comportamiento. La molestia que produce el ruido en el oído humano tiene un fuerte componente subjetivo: un mismo sonido puede ser considerado agradable o molesto según sus características, tanto las del receptor como las del momento en el que se produce.

Para estimar el grado de molestia que la fuente acústica genera se han utilizado los factores definidos en el año 1989 por la Dirección de Carreteras de Dinamarca, en la determinación del NLN (Noise Load Number) a partir del nivel sonoro evaluado:

**Molestia percibida por los residentes**

Nivel acústico	55-59 dB	60-64 dB	65-69 dB	70-74 dB	> 75 dB
Factor de molestia residentes	0,11	0,22	0,45	0,93	1,92

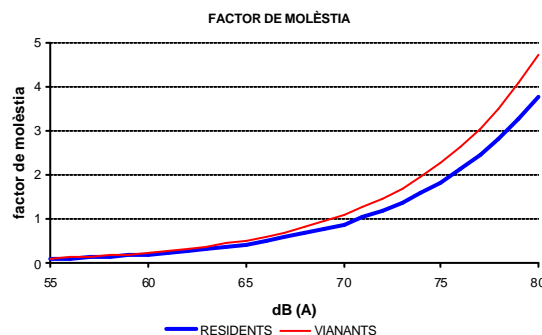
Fuente: Noise Load Number: Road Directorate, 1989

**Estimación de la molestia percibida por los peatones**

Nivel acústico	55-59 dB	60-64 dB	65-69 dB	70-74 dB	> 75 dB
Factor de molestia peatones	0,12	0,25	0,53	1,10	2,28

Fuente: Intra SL

Para la evaluación de la molestia causada a los peatones se utilizará un factor de molestia más acusado, aunque la introducción de los peatones en la obtención del IPA será, en un primer momento, solamente representativa.



Fuente: Intra SL

### **Número de personas expuestas**

La exposición al ruido provocada por las infraestructuras de transporte no se produce únicamente en las casas de los residentes, de las oficinas o de comercios etc. También es preciso tener en cuenta a aquellos usuarios que están menos protegidos y que están en la calle: los peatones.

**Residentes:** será preciso contabilizar el número de residentes que habitan en la zona del ámbito de estudio, es decir, el número de residentes que vive en las casas con las fachadas comprendidas en los 100 m a lo largo de la infraestructura.

Será preciso obtener los datos a través del censo de la población pero puede realizarse una aproximación:

*una calle con dos edificios alineados a ambos lados de la calle de 8 plantas cada una, con dos pisos por planta que dan a la fuente de ruido: si tomamos una media de 3 personas por piso y un total de 6 edificios alineados en 100 m, obtenemos un total de 576 residentes perturbados por la fuente de ruido.*

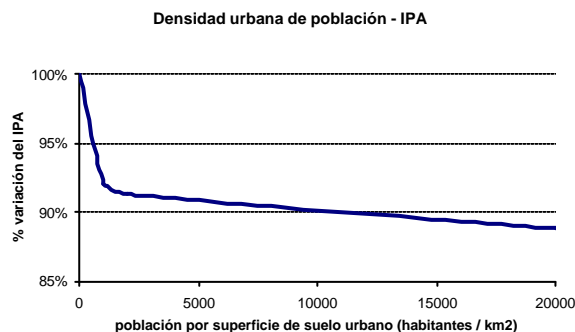
**Peatones:** será preciso contabilizar el número máximo que circula en hora punta. El número de peatones que circula en hora punta por la acera de una determinada calle está muy condicionado por las características del municipio, la tipología de la calle y la capacidad circulatoria de la acera.

### **Densidad urbana de población**

La determinación de un punto gris de contaminación acústica vendrá condicionada por la densidad de población del municipio donde se encuentra el área de estudio. Para poder comparar municipios con diferente morfología, en cuanto a la distribución del área urbanizada respecto a la superficie total del municipio, se tomará como variable la densidad de población en las áreas urbanizadas, es decir, el número de habitantes residentes por hectárea de suelo urbano del municipio donde se sitúa la zona de ruido.

La densidad urbana de población se calculará mediante los planes de ordenación del municipio, donde quede reflejada la superficie municipal calificada como suelo urbano. La cifra se obtendrá dividiendo el número de habitantes entre la superficie de suelo urbano del municipio.

La introducción de este dato en el índice servirá para ponderar los puntos grises situados en zonas de alta ocupación del suelo con los situados en zonas de baja ocupación, de forma que a igual nivel de contaminación acústica adquieran más peso los puntos de baja ocupación.



Fuente: Intra SL

La variación en el IPA que representa la densidad urbana del municipio donde está situado el punto gris no superará el 11%, si consideramos una densidad máxima de 20.000 hab/km<sup>2</sup>

(densidad de población más elevada de Cataluña). Es decir, la penalización que tendrán las zonas de alta ocupación del suelo estará acotada por un 11%.

### **Cálculo del Índice de Prioridad Acústica**

Una vez obtenidos los datos que permitirán definir la situación acústica del emplazamiento se procede a la definición del índice que tendrá la siguiente estructura:

$$IPA = [a \cdot \Sigma(R \cdot Fmr) + (b \cdot V \cdot Fmv)] \times D - 0.012 \leq 100$$

Donde,

- R es el número de residentes sometidos a un nivel acústico determinado
- Fmr es el factor de molestia que percibe el residente, relacionado con el nivel sonoro equivalente medido en fachada
- V es el número de peatones sometidos a un nivel acústico determinado
- Fmv es el factor de molestia que percibe el peatón, relacionado con el nivel sonoro equivalente medido en acera
- D es la densidad urbana del municipio, es decir, el número de habitantes por km<sup>2</sup> que habita en la zona urbana del municipio

El índice tendrá un rango de variación de entre 0 y 100, siendo el valor mayor aquel que tiene prioridad de actuación. Si se da un caso en que el índice tenga un valor superior a los 100 puntos se considera como un punto prioritario de actuación con un índice de prioridad acústica de 100 puntos. Es decir, se considerará que cualquier punto gris que supere los 100 puntos necesita ser mejorado acústicamente.

El índice de prioridad acústica se aplicará tanto de día como de noche. Para el cálculo de noche será necesario obtener el L<sub>Aeq</sub> noche, medido en la franja horaria comprendida entre las 23h y las 07h.

La determinación de los coeficientes a y b se ha realizado señalando como situación intolerable una zona de ruido de las siguientes características:

- Niveles sonoros superiores a los 80 dB(A)
- Más de 600 residentes expuestos a la fuente de ruido
- Más de 1000 peatones / hora punta expuestos a la fuente de ruido

De esta manera se han determinado los valores de a y b:

$$a = 0,0355$$
$$b = 0,0031$$

La forma final que adopta el índice es la siguiente:

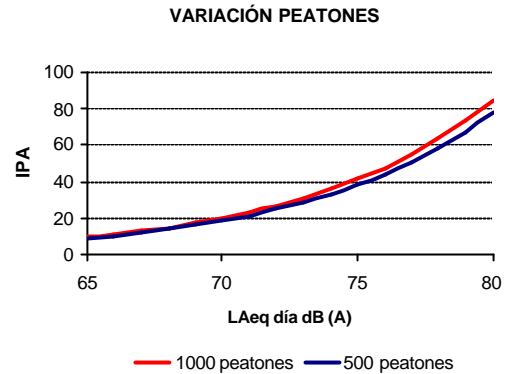
$$IPA = [0,0355 \cdot \Sigma(R \cdot Fmr) + (0,0031 \cdot V \cdot Fmv)] \times D - 0.012$$

Será preciso realizar la suma de los niveles sonoros de cada fachada expuesta a la fuente de ruido por el número de residentes que allí vive, mientras que el conteo de los peatones se realizará en la acera más transitada y se tomará el valor de la hora punta, tanto para el cálculo de día como para el de noche.

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE DE PRIORIDAD ACÚSTICA

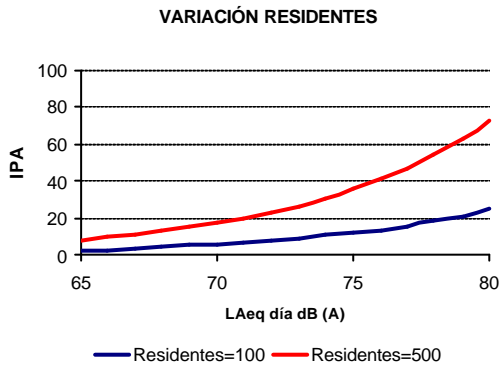
Una vez definido el índice de prioridad acústica, se realiza un análisis para conocer la sensibilidad del resultado en diferentes situaciones.

- El primer gráfico muestra la variación del índice cuando fijamos todos los datos excepto los peatones. La valoración se ha realizado con 600 residentes y en un municipio con una densidad de 20.00 habitantes/km<sup>2</sup>. La variación que se da en el índice, a un nivel sonoro de 80 dB (A), con un tráfico de 1.000 peatones en hora punta registrados, es 6 puntos mayor que si en las mismas condiciones sólo pasaran 500. Esta diferencia disminuye a medida que nos situemos a niveles sonoros más bajos.



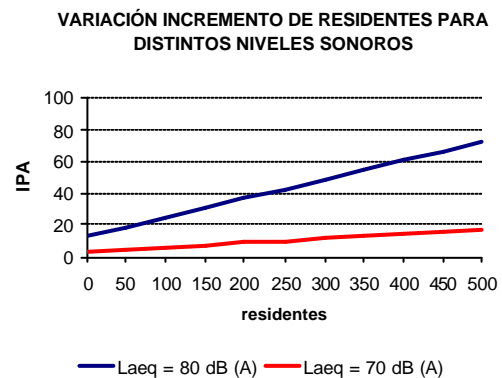
Fuente: Intra SL

El comportamiento exponencial de las curvas viene dado por el factor de molestia de los peatones afectados.



Fuente: Intra SL

- El siguiente gráfico muestra la variación que obtenemos si fijamos el nivel sonoro y variamos el número de residentes. En este caso se han fijado los niveles sonoros, el número de peatones en hora punta (cifrado en 1.000) y la densidad de población (cifrada en 20.000 habitantes/km<sup>2</sup>). El comportamiento lineal de las dos curvas se debe a la fijación de los niveles sonoros, ya que el único componente del índice que varía exponencialmente es el factor de molestia (en función del nivel sonoro).



Fuente: Intra SL