

# INDICADOR PARA VALORAR EL EFECTO DE BARRERAS ACÚSTICAS Y OTRAS SOLUCIONES

**Alberto Bañuelos, Susana Malón, Beatriz Lagartos y Rubén Mateos**

AAC Centro de Acústica Aplicada S.L. Parque Tecnológico de Álava01510 Miñano (Vitoria-Gasteiz) - España  
Tel.: 945 298233 - aac@aacacustica.com

## **Resumen**

La utilización de barreras acústicas como solución para reducir el ruido ambiental y esencialmente el ruido de carreteras y ferrocarriles, es el recurso más común, especialmente en las primeras fases de actuación frente al ruido.

Los mapas estratégicos de ruido ponen de manifiesto la necesidad de actuar en numerosos tramos de estas infraestructuras, por lo que es necesario disponer de un criterio de evaluación que permita valorar el efecto de las soluciones de apantallamiento que se puedan proponer, con vistas a poder determinar cuales representan una mejora suficiente.

El criterio de población expuesta por encima de los objetivos de calidad con y sin solución, no es un criterio suficiente, ya que no mide realmente la atenuación que la pantalla origina en el entorno. Para contabilizar este efecto se propone un indicador que describe en un solo número la afección por ruido a la población, de forma que la diferencia entre el escenario sin y con barrera acústica permite medir el efecto de la solución propuesta.

El indicador se basa en valorar la población afectada por encima del objetivo de referencia, contabilizándola en función del exceso sobre el mismo; de esta forma el efecto de la barrera se describe por la diferencia entre los escenarios sin y con solución, mostrando la reducción eficaz en personas y decibelios que origina.

**Palabras-clave:** ruido, barrera, acústica, indicador y beneficio.

## **Abstract**

Acoustics barriers are the most common solution to reduce the noise from roads and railways, specially in the first steps of a noise action plan.

Strategic noise maps show the need to act in many sections of these infrastructures, so we must fix some criteria to measure the effect of noise barriers in order to select which of them offers enough benefit to be accepted.

To consider the reduction of population exposed to noise levels over the acoustics quality level assigned to an area, is nor enough criterion, because it doesn't really measure the barrier effect. In order to asses this effect, an indicator is proposed to measure the effect of the barrier as a difference between the value assigned to the scenario without and with the solution.

The indicator is based on taking into account the population exposed over the acoustics quality level assigned to an area, considering also the excess level over it; the reduction between the two compared scenarios, shows the population and the level reduced due to the solution.

**Keywords:** noise, barriers, acoustic, indicator and profit.

## 1 Introducción

Los mapas estratégicos de ruido y los correspondientes planes de acción para carreteras y ferrocarriles, han motivado la necesidad de plantear soluciones para atenuar el ruido generado por este tipo de focos.

La solución más habitual cuando se plantean alternativas para reducir los niveles de ruido en la zona afectada, es la propuesta de barreras acústicas, que protejan las zonas en las que se superan los objetivos de calidad acústica aplicables. Barreras que se estudian mediante la aplicación de métodos de cálculo, habitualmente empleando modelos informáticos.

La protección que genera una barrera acústica es variable en función del punto de evaluación que se considere, ya que la atenuación por efecto de apantallamiento depende de la altura del punto y de su posición con respecto a la barrera y al foco.

Por lo tanto, es necesaria una valoración global del área que se pretende proteger, que habitualmente se caracteriza mediante mapas o gráficos que muestren la comparación de los resultados que se obtienen para el escenario con la solución incorporada frente al escenario de partida, que se suele completar con la variación originada en los valoraciones en puntos concretos y con las estadísticas de población afectada.

Estos métodos pueden ser suficientes cuando se trata de valorar el comportamiento de una única solución, permitiendo ofrecer una visión bastante completa de su efecto como para permitir tomar decisiones sobre su ejecución o no e, incluso, comparar variantes de características similares.

No obstante cuando se plantean alternativas diferentes para resolver una situación, el empleo de las representaciones gráficas hace difícil la comparación, pudiendo resultar especialmente confusa para personas no familiarizadas con los estudios acústicos, pero que tienen que tomar las decisiones. La valoración en puntos concretos, puede ofrecer una visión poco representativa del comportamiento global de la barrera y llevar a decisiones no adecuadas

Cuando el ámbito de estudio se amplía, por ejemplo a una red de carreteras o de ferrocarril, la comparación del efecto producido por diferentes alternativas en distintos puntos de la red es más complejo, siendo difícil comparar los beneficios aportados por las distintas alternativas que se puedan plantear en los distintos tramos de la red que requieren actuaciones.

La experiencia de AAC Centro de Acústica Aplicada, con más de 10 años aplicando métodos de cálculo y modelos informáticos, tanto a la elaboración de mapas de ruido como al estudio de soluciones para el ruido ambiental y, además, con más de 5 años efectuando estudios orientados a la gestión del ruido, como consecuencia de esa experiencia previa en los mapas de ruido; nos ha permitido constatar la necesidad de contar con criterios técnicos más representativos que respalden la valoración de diferentes alternativas de solución para reducir el ruido.

En concreto, la necesidad de contar con un criterio de evaluación de las barreras acústicas, que siendo objetivo, permita medir el efecto de una solución de apantallamiento determinada de forma simple y a partir de los resultados habituales en este tipo de estudios.

Fruto de las actividades desarrolladas en este sentido, se propone un indicador que resume en un sólo número el efecto proporcionado por una barrera acústica, criterio que además se puede extender a otro tipo de soluciones.

## 2 Presentación y publicación

### 2.1 Descripción del indicador propuesto

El efecto de protección de la pantalla se logra por el hecho de que la barrera acústica obstaculiza la propagación hacia la zona que desea proteger, mediante un material que proporcione un aislamiento suficiente, de forma que crea detrás de ella un efecto de sombra, en el que la atenuación se debe al efecto de difracción.

Como es conocido, la atenuación por difracción que produce una barrera acústica en un punto, depende de la frecuencia y del incremento de camino entre fuente y receptor que origina la presencia de la barrera. A este factor hay que añadir otros como su incidencia con respecto al efecto del terreno en la propagación sin presencia de la barrera, la influencia de las condiciones meteorológicas, la difracción lateral, etc.

Por lo tanto, el efecto varía en función del punto de referencia que se seleccione para medirlo, debido a la modificación de los parámetros que describen los distintos factores que intervienen en la propagación del sonido en la situación sin y con la presencia de la barrera. En líneas generales, la atenuación disminuirá con la altura del receptor y con el aumento de la distancia a la barrera, pero en la práctica pueden existir situaciones que modifiquen estos criterios, por ejemplo, pudiendo variar los resultados a lo largo de la zona que la barrera pretende proteger, como consecuencia de la orografía, presencia de reflexiones, etc.

Es decir, que en la práctica, la atenuación que proporciona una barrera o pantalla acústica, es variable en la zona protegida, por lo que el resultado de la comparación con respecto a la situación de partida (sin solución), depende del punto en el que se evalúe. Para tener una valoración representativa, será necesario considerar un elevado número de puntos de evaluación y establecer una metodología para extraer de esos resultados una valoración global.

La solución es disponer de un indicador que sea fácil de obtener a partir de los resultados habituales en estos estudios, que resuma los efectos de la pantalla en los niveles de ruido del área de estudio y, en concreto, sobre la afección a la población, que es el objetivo que se persigue reducir con la implantación de la barrera.

Para ello, se propone medir el efecto de la barrera acústica a partir de la reducción de población afectada por encima del objetivo de calidad acústica aplicable (OCA en adelante), comparando los resultados de la situación con barrera, con respecto a la situación de partida sin solución en un amplio número de puntos de evaluación, que cubran los edificios del área que se pretende proteger con la barrera.

Un criterio podría ser tomar como referencia los resultados sobre población expuesta al ruido en las evaluaciones de los mapas estratégicos, o no estratégicos, de ruido, a partir de las estadísticas que se proponen para resumir los resultados en estos mapas en relación con la población afectada. Así se puede valorar, para el índice de ruido más desfavorable (habitualmente el correspondiente al periodo nocturno  $L_n$ ), la población que ve reducida su exposición por encima de los objetivos de calidad acústica (OCA) aplicables.

Sin embargo, este tipo de criterio no está asociado directamente a la atenuación proporcionada por la barrera, sino que depende también de los niveles de ruido existentes en la situación estudiada.

Es decir, que por ejemplo, una zona en la que la población esté ligeramente por encima del OCA aplicable, como la presentada en el ejemplo 1, aún con atenuaciones muy débiles proporcionadas por la barrera, podría valorarse como muy efectiva, mientras para la población a la que se pretende proteger la reducción de niveles podría ser prácticamente inapreciable.

<b>L<sub>n</sub> dB(A)</b>	<b>SIN BARRERA</b>	<b>CON BARRERA</b>	<b>MEJORA</b>
<b>51-55</b>	<b>590</b>	<b>1090</b>	<b>-500</b>
<b>56 - 60</b>	<b>575</b>	<b>0</b>	<b>575</b>
<b>61 - 65</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>66 - 70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>&gt;70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>&gt; OCA</b>	<b>575</b>	<b>0</b>	<b>575</b>

**Ejemplo 1: N° Personas afectadas (OCA: L<sub>n</sub> > 55 dB(A))**

En este caso, especialmente si la población afectada se concentra en niveles entre 56 y 57 dB(A), la reducción de 2 dB(A) se podría valorar como una buena solución, aunque subjetivamente su efecto sería casi inapreciable y no modificaría sensiblemente la situación sonora de la zona que se pretende proteger.

Por el contrario, soluciones que pueden aportar una elevada protección, si no logran que una población significativa pase a estar expuesta por niveles inferiores al OCA, podría valorarse negativamente y descartarse, cuando a la población le proporcionaría una situación acústica bastante mejor que la existente, como en los resultados que se presentan para el ejemplo 2.

<b>L<sub>n</sub> dB(A)</b>	<b>SIN BARRERA</b>	<b>CON BARRERA</b>	<b>MEJORA</b>	<b>L<sub>n</sub> dB(A)</b>	<b>SIN BARRERA</b>	<b>CON BARRERA</b>	<b>MEJORA</b>
<b>51-55</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51-55</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>56 - 60</b>	<b>0</b>	<b>815</b>	<b>-815</b>	<b>56 - 60</b>	<b>0</b>	<b>815</b>	<b>-815</b>
<b>61 - 65</b>	<b>140</b>	<b>350</b>	<b>-210</b>	<b>61 - 65</b>	<b>0</b>	<b>350</b>	<b>-350</b>
<b>66 - 70</b>	<b>1025</b>	<b>0</b>	<b>1025</b>	<b>66 - 70</b>	<b>520</b>	<b>0</b>	<b>520</b>
<b>&gt;70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>&gt;70</b>	<b>645</b>	<b>0</b>	<b>645</b>
<b>&gt; OCA</b>	<b>1165</b>	<b>1165</b>	<b>0</b>	<b>&gt; OCA</b>	<b>1165</b>	<b>1165</b>	<b>0</b>

**Ejemplo 2: N° Personas afectadas (OCA: L<sub>n</sub> > 55 dB(A))**

En el primer ejemplo la población reducida por debajo del OCA sería de 575, en el segundo caso no se reduciría a nadie, pero en cambio, la mejora en el segundo ejemplo es mayor; por lo que valorar el efecto de la barrera haciendo referencia a como modifica la población por encima del OCA, no es un criterio representativo.

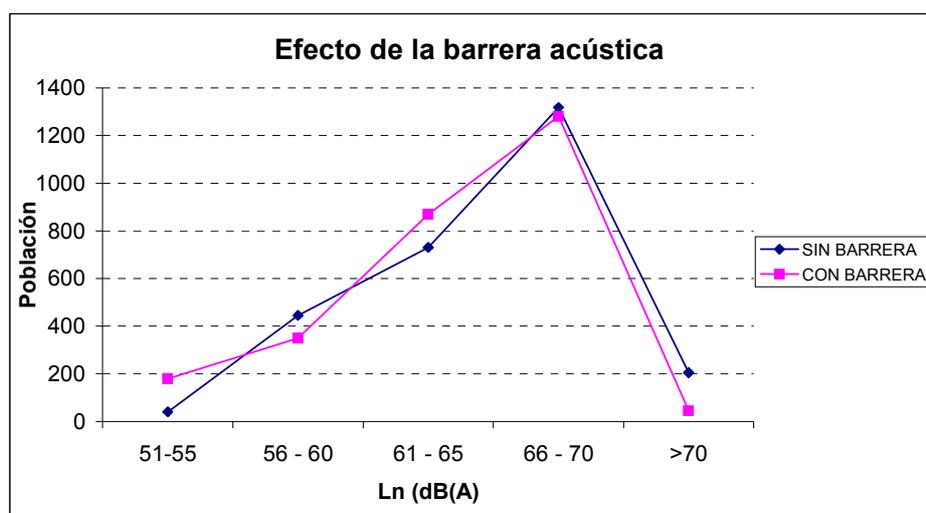
Para mejorar el análisis, se puede hacer referencia a los resultados de la población expuesta por encima del OCA, pero teniendo en cuenta los valores para los intervalos de 5 dB(A), de acuerdo con

los formatos requeridos para los mapas estratégicos de ruido. Con este método, la comparación entre el escenario sin y con barrera mejora la valoración de su efecto, pero sigue sin ofrecer un resultado claro.

Por ejemplo, pueden darse situaciones en las que pasen desapercibidas reducciones de 3 ó 4 dB(A) en parte de la población, ya que pueden no originar un cambio de intervalo. También se suelen dar resultados, como en el ejemplo 3, en los que la comparación muestra que la población se reduce en unos intervalos pero aumenta en otros, ofreciendo una comparativa confusa, especialmente para personas poco habituadas a valorar este tipo de resultados.

$L_n$ dB(A)	SIN BARRERA	CON BARRERA	MEJORA
51-55	20	90	-70
56 - 60	223	175	48
61 - 65	365	435	-70
66 - 70	659	640	19
>70	103	23	80
> OCA	1349	1273	77

Ejemplo 3: N° Personas afectadas (OCA:  $L_n > 55$  dB(A))



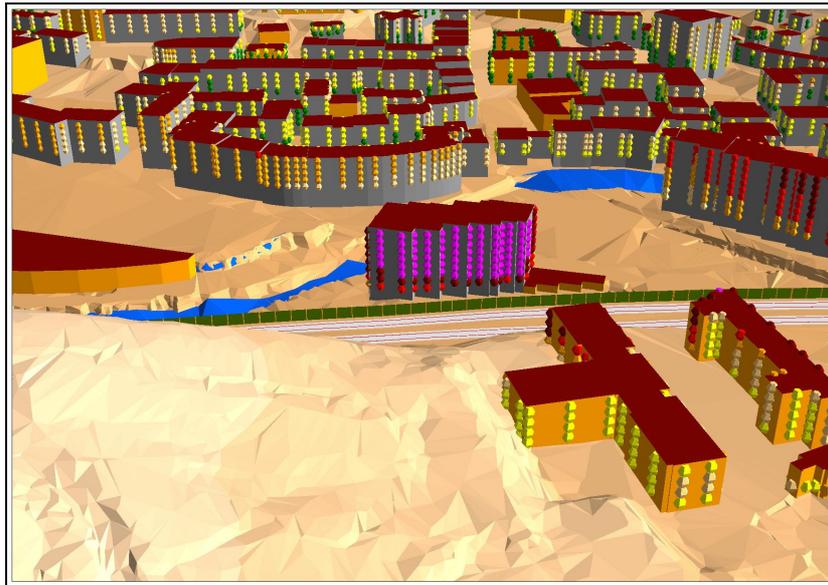
Ejemplo 3: Efecto de la barrera acústica valorado en intervalos de 5 dB(A)

El análisis por intervalos no muestra una valoración clara de la reducción originada, y además resulta complicado comparar diferentes alternativas.

Para poder mostrar el efecto de las barreras en los ejemplos anteriores y poder compararlos, es preciso disponer de criterios de valoración más completos que tengan en cuenta la reducción real de la población afectada.

Por otro lado, es importante que el criterio que se aplique sea sencillo, ya que no se debe complicar el proceso de evaluación, sino que se debe obtener a partir de los resultados habitualmente proporcionados en los proyectos de dimensionamiento de barreras acústicas.

Lógicamente, en cualquier caso, un estudio de dimensionamiento y valoración del efecto de barreras acústicas, debe considerar la evaluación en altura y no a 4 m. sobre el terreno, puesto que el efecto de la pantalla es variable con la altura y lo que puede resultar muy eficaz a 4 m. de altura, o incluso no ser necesaria, puede representar un efecto muy diferente a las alturas en las que reside la población.



**Ejemplo de resultados obtenidos para la evaluación**

Con esta finalidad AAC Centro de Acústica Aplicada ha desarrollado un indicador del efecto proporcionado por una barrera acústica atendiendo a los siguientes criterios:

- El efecto de la barrera se mide sobre la población afectada, valorada a partir de niveles en fachada a todas las alturas de los edificios de la zona a proteger y entendiendo como afectada, la población expuesta a niveles por encima del objetivo de calidad acústica (OCA) o límite aplicable en cada punto de evaluación.
- La afección se contabiliza por el exceso de nivel de ruido con respecto al objetivo de calidad acústica.
- Los niveles se obtienen redondeando los resultados de la evaluación en cada punto al valor entero más próximo, en dB(A).

Aplicando estos criterios, se contabiliza la afección en cada escenario, sin o con barrera, por la suma de la población afectada por encima del OCA, pero ponderando la población asignada en cada punto de evaluación por el exceso de dB(A) sobre el OCA.

$$\Sigma [P_i * (L_i - L_{OCA})] \quad (1)$$

En donde,

- $P_i$  : Población asignada al punto de evaluación  $i$
- $L_i$  : Nivel sonoro obtenido para el punto de evaluación  $i$
- $L_{OCA}$  : Nivel sonoro correspondiente al objetivo de calidad acústica aplicable en el punto de evaluación  $i$

En resumen, esta expresión indica que la afección en cada punto de evaluación se contabiliza mediante la población correspondiente a cada punto, pero que se contabiliza tantas veces como el exceso del nivel de exposición por encima del OCA aplicable. Sumando la afección de todos los puntos de la zona que se va a ver protegida por la pantalla, se obtiene la afección total en un determinado escenario, que se puede medir como el valor en dB(A)-persona.

Este indicador, por lo tanto mide la afección a la población en un determinado escenario, de forma que la diferencia entre el valor obtenido para dos escenarios, por ejemplo sin y con barrera acústica, muestra el efecto de la solución propuesta.

Este planteamiento, puede ser de aplicación para valorar otras soluciones o para otros objetivos relacionados con la gestión del ruido, motivo por el que se ha denominado como Indicador para la Gestión del Ruido (IGR), ya que se entiende que la principal aplicación es la comparación de alternativas y el apoyo a la toma de decisiones, es decir, a los procesos de gestión del ruido.

$$IGR = \sum [P_i * (L_i - LOCA)] \quad (2)$$

En el caso de valorar el efecto de una barrera acústica, se obtendrá el valor del indicador IGR para el escenario sin la barrera y se volverá a obtener en el escenario con la barrera, de forma que la reducción que se origine para el indicador IGR con respecto a la situación de partida ofrecerá una medida de la reducción proporcionada en el área de estudio a partir de contabilizar las reducciones en dB(A) por encima del OCA y las personas beneficiadas.

Dado que este método mide la reducción en la exposición al ruido aportada sobre la población a la que se pretende proteger con la solución, permite también la comparación del efecto originado por diferentes soluciones en diferentes zonas, permitiendo comparar alternativas de solución en una determinada situación y también, entre diferentes soluciones propuestas en distintos tramos, por ejemplo para la gestión de una red de carretera o ferrocarril.

En realidad, con la metodología propuesta, lo que se está aportando es la valoración del beneficio acústico asociado a una solución, mediante la reducción del valor del indicador con respecto al escenario de partida.

Es decir que se puede definir para valorar el efecto producido por una barrera acústica u otra solución mediante un indicador de un solo número que mide el Beneficio Acústico (BA) aportado por la solución, como:

$$\text{Indicador BA (IBA)} = IGRF - IGRO \quad (3)$$

Siendo,

$IGR_F$  : Indicador con la solución incorporada

$IGR_0$  : Indicador en la situación de partida

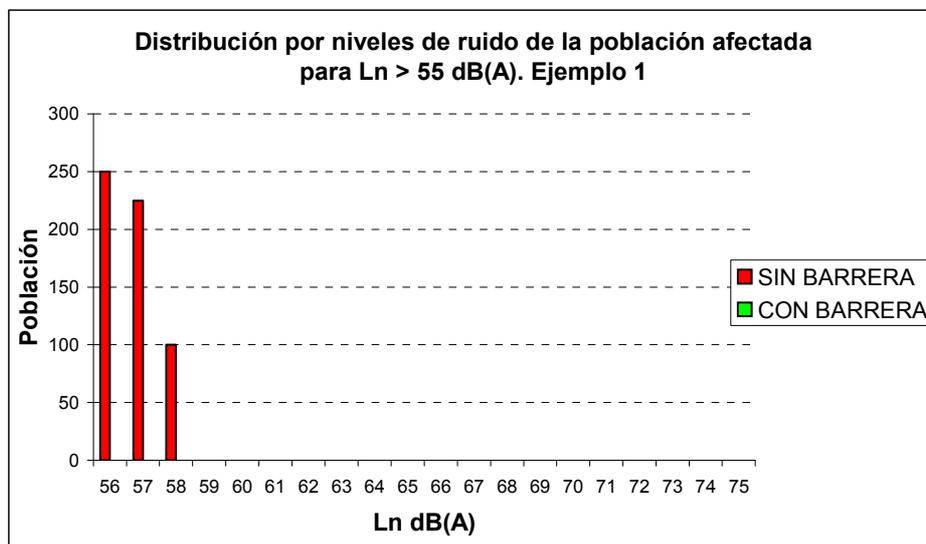
Es decir, que con el criterio propuesto, el beneficio acústico se mediría por el número de dB(A)-persona que se reducen en una determinada situación.

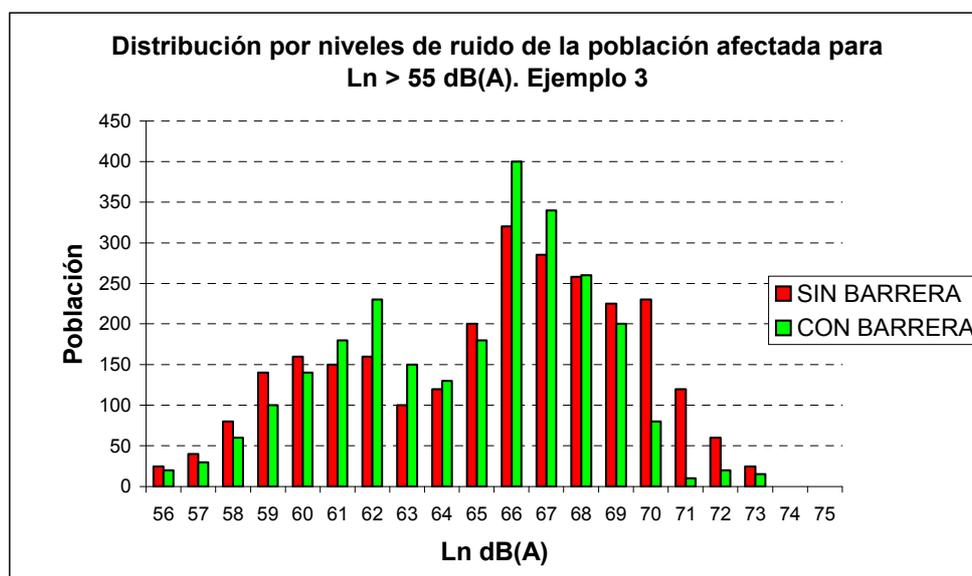
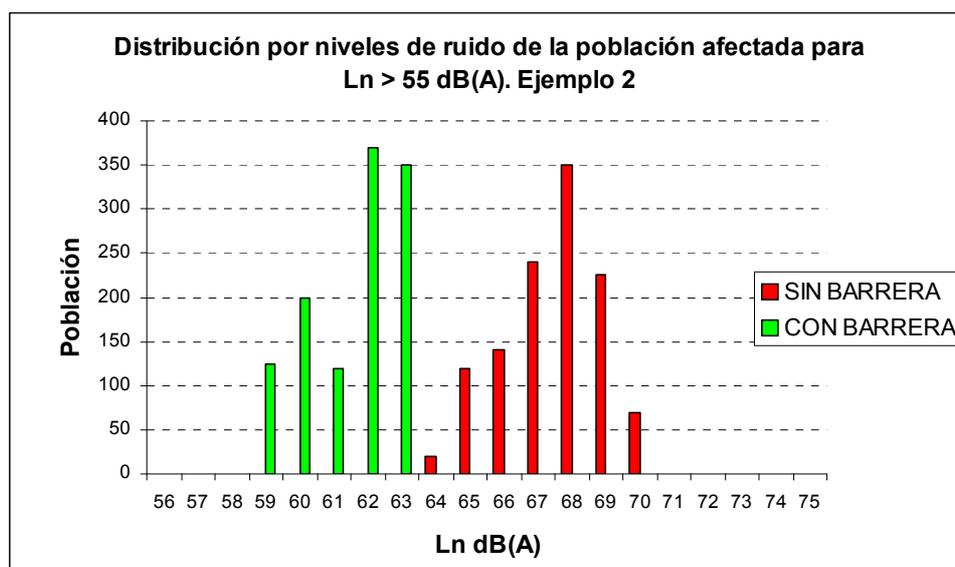
## 2.2 Ejemplos de aplicación

Si se aplica este indicador a los tres ejemplos comentados anteriormente, se puede ver como funciona el indicador y su representatividad para valorar el efecto de la barrera en cada caso.

En los tres casos es similar la población considerada en el área de estudio entre 1.100 y 1.400 personas afectadas por niveles  $L_n > 50$  dB(A).

Se presenta en primer lugar la distribución de la población en intervalos de 1 dB(A), redondeo a número enteros, que será la base de partida para el cálculo del indicador, en los escenarios con y sin barrera, mostrando por tanto otra representación de su efecto.





Si se aplica el cálculo del indicador IGR a cada uno de estos ejemplos se obtienen los resultados de la tabla siguiente:

2.2.1 SITUACIÓN	Indicador IGR		Indicador BA Beneficio Acústico
	SIN BARRERA	CON BARRERA	
2.2.2 Ejemplo 1	1.000	0	1.000
Ejemplo 2	14.550	7.610	6.940
Ejemplo 3	13.945	12.425	1.520

En el primer ejemplo, aunque la barrera resuelve la situación, el beneficio que origina es pequeño, afecta a 575 personas con una reducción del exceso de ruido de 1.000 dB(A)-persona, es decir una media de 1,7 dB(A) por persona inicialmente expuesta por encima del OCA.

En el segundo ejemplo se da una situación con una atenuación muy importante, aunque no logra que la población quede por debajo del OCA, pero ofrece realmente un cambio en la situación acústica, que se valora con un beneficio elevado: 6.940 dB(A)-persona, que representa una media de 6 dB(A) sobre las 1.165 personas inicialmente por encima del OCA.

En el tercer caso, en donde no era tan claro el efecto de la barrera, se observa que realmente hay una reducción significativa de la afección, 1.520 dB(A)-persona, bastante superior a la barrera del ejemplo 1, aunque la protección es desigual sobre la población inicialmente afectada, por lo que el valor medio de la reducción resulta poco significativo, con una reducción media por encima del OCA de 1,1 dB(A) sobre 1.349 personas.

Los ejemplos 2 y 3 no resuelven la situación en cuanto que no logran que toda la población quede expuesta por debajo del OCA, pero producen una mejora en el total o en parte de la población afectada en cada zona de estudio.

### **2.3 Aplicación del indicador**

A partir de esta definición para valorar el efecto de las barreras acústicas, que en realidad pasa a ser un indicador del beneficio acústico aportado por una solución cualquiera, es fácil hacer la referencia al análisis coste/beneficio, puesto que se puede obtener efectuando el cociente entre el coste asignado a una solución y el beneficio que origina. Este criterio haría referencia, por lo tanto, a lo que cuesta reducir un dB(A)-persona con una determinada solución.

Con esta metodología, será posible comparar diferentes alternativas teniendo en cuenta no sólo la reducción aportada en la exposición de la población, sino también la relación entre esta reducción y el coste de la actuación propuesta.

Debido a que frecuentemente se trata de presupuestos elevados, es muy importante disponer de criterios objetivos de valoración de las relaciones coste / beneficio, a las que se alude frecuentemente, pero que para ser tenidas en cuenta, requieren de un criterio para su obtención a partir de valoraciones sencillas y habituales, como puede ser el criterio propuesto.

### 3 Conclusiones

Fruto de la experiencia de AAC Centro de Acústica Aplicada en la evaluación y gestión del ruido ambiental y con el fin de aportar herramientas para la valoración de soluciones, que permitan la comparación de alternativas y la selección de las soluciones más apropiadas, se propone una metodología basada en los resultados de la exposición de la población al ruido.

La metodología contempla la definición de dos indicadores:

- El Indicador IGR (indicador para la gestión del ruido) que permite caracterizar en un solo número al afección de la población al ruido en una determinada situación
- El indicador IBA (indicador del beneficio acústico) que por diferencia entre el valor de los indicadores IGR para los escenarios sin y con solución, permite caracterizar el beneficio que aporta la solución planteada.

Esta metodología que resulta especialmente interesante para la evaluación de las barreras acústicas por su efecto variable sobre el entorno que se pretende proteger, en realidad es de aplicación a cualquier otro tipo de solución o a planteamientos más generales en la gestión del ruido ambiental.

Adicionalmente, este indicador puede considerarse como la base para la realización de análisis coste/beneficio de las soluciones, mediante el cociente entre el coste que se asigne a una solución y el indicador del beneficio acústico (IBA), es decir cuantificando el coste para la reducción de un dB(A)-persona.