

---

**XIII Congreso Argentino de Acústica**  
**VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas**  
**Buenos Aires, 29 y 30 de octubre de 2015**

AdAA2015-A024

**Sectorización de áreas con riesgo acústico en interior  
de industrias y su aplicación para estudios de impacto  
ambiental mediante mapa de ruidos asistido por software**

Rodolfo A. Gareis<sup>(a)</sup>  
Fernando P. Iuliano<sup>(b)</sup>

(a) Dakar Ingeniería Acústica, [www.dakar-acustica.com.ar](http://www.dakar-acustica.com.ar). E-mail: [gareis@dakar-acustica.com.ar](mailto:gareis@dakar-acustica.com.ar)  
(b) E-mail: [fpiuliano2@hotmail.com](mailto:fpiuliano2@hotmail.com)

**Abstract**

Despite the technological advances and efforts to reduce noise levels in the workplace, due to production processes industries have sectors that exceed the maximum permissible sound levels, affecting the workers. Industry buildings, in turn, become complex sound sources radiating outward. This paper describes the current methods for simulating the sound levels inside the premises as regards occupational health and then simulating the noise maps on the outside, thus allowing to assess their acoustic impact to the community.

**Resumen**

Pese a los avances tecnológicos y los esfuerzos en disminuir los niveles sonoros en el ámbito laboral, debido a los procesos productivos las industrias presentan sectores que superan los niveles sonoros máximos permitidos, afectando directamente a los operarios. Las edificaciones de estas industrias, a su vez se transforman en emisores sonoros complejos hacia el exterior. Este trabajo describe los métodos actuales por los cuales se pueden simular los niveles sonoros en el interior desde el punto de salud ocupacional y a partir de ellos simular los mapas de ruido en el exterior, permitiendo de esta forma evaluar su impacto acústico.

## **1 Introducción**

Hoy en día nos encontramos expuestos a niveles sonoros provenientes de distintas fuentes, tales como el tráfico automotor, las obras en construcción, la actividad humana, las industrias entre otros.

En lo referente al ruido laboral, pese a los avances tecnológicos y los esfuerzos en disminuir los niveles sonoros, las industrias, debido a los procesos productivos, presentan sectores que superan los niveles máximos permitidos, afectando directamente a los operarios.

Las edificaciones industriales generalmente presentan en su interior ruidos y a su vez se convierten en emisores sonoros complejos hacia el exterior.

Existen actualmente métodos por los cuales se calculan los niveles sonoros en el interior y a partir de ellos se simulan los mapas de ruido en el exterior, permitiendo de esta forma evaluar su impacto acústico.

## **2 Primeros mapas de niveles de presión sonora**

Antiguamente, cuando no se disponía de computadoras, los mapas se confeccionaban a base de mediciones en campo, se volcaban en planos los puntos de medición acompañados de sus valores en decibeles y mediante expresiones matemáticas permitían predecir y calcular la propagación del sonido en los distintos ámbitos más allá de los puntos medidos. Los niveles de presión sonora se representaban mediante escalas de colores. Estos trabajos resultaban tediosos y con altas probabilidades de cometer errores involuntarios.

Con el advenimiento de la tecnología y el acceso a las computadoras, se ha hecho posible implementar los modelos de propagación por software y es así que se desarrollaron programas capaces de simular las condiciones sonoras a partir de potencias acústicas.

## **3 Mapas de niveles de presión sonora**

Representan un método efectivo y relativamente económico de manejo y administración de datos referidos al ruido constituyendo una herramienta fundamental en la gestión, planificación y control de ruido ambiental y/o laboral.

Éstos dan una representación gráfica del perfil de ruido de un área determinada, en la cual los niveles sonoros se indican con curvas de nivel. Los mapas presentan una situación acústica en un área determinada, usando diferentes colores para simbolizar distintos rangos de presión sonora.

Dada la capacidad de incorporar y extraer fuentes en forma virtual, permiten evaluar sus efectos antes de realizar las obras o cambios del layout, evaluando la eficiencia de las medidas mitigantes. Además permiten realizar complejas simulaciones que por métodos tradicionales de cálculo sería imposible llevar a cabo, facilitando la evaluación y optimización de las soluciones.

## **4 Finalidad de los mapas de nivel de presión sonora**

### *En interiores*

Estimar la exposición al ruido de los trabajadores, visualizando las áreas de riesgo, optimizando en forma sencilla las medidas de control.

### *En exteriores*

Determinar el Impacto Ambiental en lo referente a ruidos y optimizar las medidas de mitigación.

## 5 Normas internacionales

Los programas de mapas de ruido asistidos por computadora se basan en normas internacionales que otorgan los lineamientos necesarios para calcular la propagación sonora en función del tipo de fuente evaluada, por ejemplo:

### NORMAS DE PROPAGACIÓN PARA CARRETERAS

Argentina	IRAM 4048 (borrador)
Francia	NF S 31-085
Alemania	DIN 18005, RLS 90
EEUU	FHWA Traffic Noise Model
UK	Calculation of Road Traffic Noise
Unión Europea	Harmonoise

### NORMAS DE PROPAGACIÓN PARA LA INDUSTRIA

Internacional	ISO 9613
Austria	ÖAL 28
Alemania	VDI 2714 / VDI 2720
Escandinavia	Nord 2000
CONCAWE	Plantas Petroleras y Petroquímicas.

### NORMAS DE PROPAGACIÓN FERROVIARIA

Alemania	DIN 18005, Schall03
UK	Calculation of Railway Traffic Noise
Holanda	Método nacional de cálculo de los Países Bajos

## 6 Confección de mapas, métodos

Básicamente existen tres métodos para la confección de mapas,

### *Método experimental o clásico*

Se realizaban a partir de mediciones efectuadas en diferentes momentos temporales y sobre el trazado de una cuadrícula previamente diseñada.

La precisión de los mismos dependerá de la proximidad de los puntos de la cuadrícula, dando como resultado una gran cantidad de puntos de medición. Por otra parte, estas mediciones representan un instante determinado del comportamiento del área, no permitiendo evaluar cambios en el tiempo.

### *Método computacional*

Basado en programas de predicción y simulación en los cuales los niveles sonoros se calculan en forma indirecta, mediante la medición de distintos factores: volumen de los recintos o de las naves industriales, materiales absorbentes, geometría, datos meteorológicos, potencias acústicas, etc. La ventaja que presentan es la posibilidad de predecir el comportamiento a partir de los modelos creados, permitiendo así, estimar los niveles sonoros futuros conociendo los patrones de evolución del comportamiento del mismo.

### *Método híbrido o inverso*

Se le denomina híbrido porque toma lo mejor de cada uno de los métodos presentados anteriormente. Se basa en la realización de un modelo que permitirá realizar estimaciones del cambio del comportamiento y por tanto de los niveles sonoros, creado a partir de la medición en diversos puntos de las condiciones sonoras. De este modo la determinación de la potencia sonora se realiza bajo normas mediante la continua medición del nivel que producen las

fuentes en el área. Estas estimaciones realizadas basadas en un modelo matemático de la zona son comparadas con registros reales, validando de este modo el modelo.

## 7 Metodología

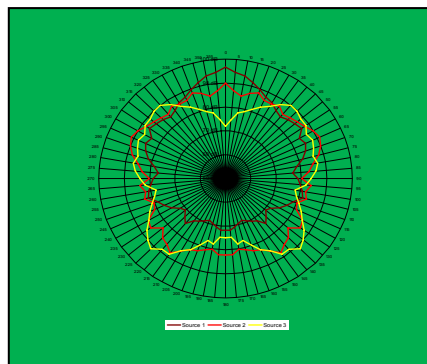
- Previa visita al lugar y con los planos de la planta general, se localizan, cuantifican y califican las emisiones sonoras de ruido. Se estudian los procesos productivos.
- Se determina la cuadrícula que mejor represente las emisiones sonoras.
- El tiempo de medición da cada punto se basa en el desvío estándar acorde a los registros.
- Se aplican los indicadores solicitados por la legislación y las normas nacionales e internacionales.
- Validación del modelo acústico

## 8 Interiores. Modelado de un ambiente sonoro

Una vez validado el modelo se distinguen en el interior de la planta las principales fuentes de ruido, superficies reflejantes, como ser construcciones interiores, muros, que a su vez producen un efecto de apantallamiento sonoro. Además se debe determinar el tipo de suelo, los horarios de funcionamiento de la planta y las actividades de sus distintos sectores. Estos parámetros necesarios para realizar la modelación, son ingresados al programa a partir de planos digitalizados del establecimiento.

A cada una de las fuentes sonora se mide su potencia acústica ( $L_w$ ) o se solicita al fabricante los valores de la misma.

En los casos que se encuentra gran cantidad de fuentes sonoras muy próximas se puede agrupar acústicamente mediante el empleo de la norma ISO 8297. En todos los casos se debe tener presente la directividad de las fuentes sonoras (figura 1).



**Figura 1.** Ejemplo de directividad de una fuente

## 9 Exterior. Modelado de la propagación sonora

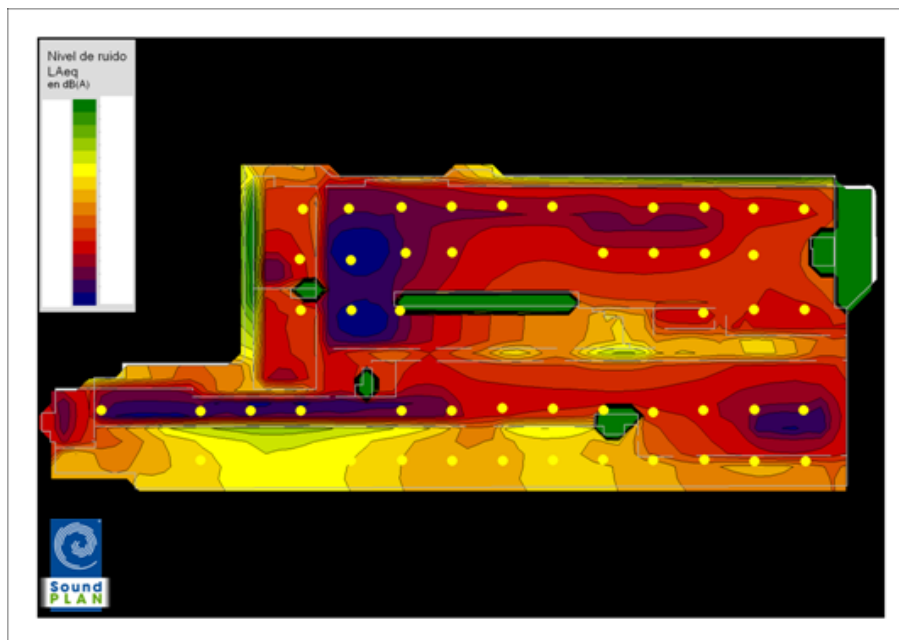
Similar a los criterios en interiores, se modelan las distintas fuentes (carreteras, industrias, ternes, aeropuertos) juntamente con los obstáculos (edificios, construcciones, muros, terraplenes, etc) considerando los efectos de apantallamiento sonoro. Además de indicar el tipo de suelo, horarios, etc.

Generalmente en exterior las superficies abarcan grandes extensiones, en aquellos casos los software interactúan con GIS (Georeferenced Information System) o con Google Earth.

## 10 Ejemplos de modelado

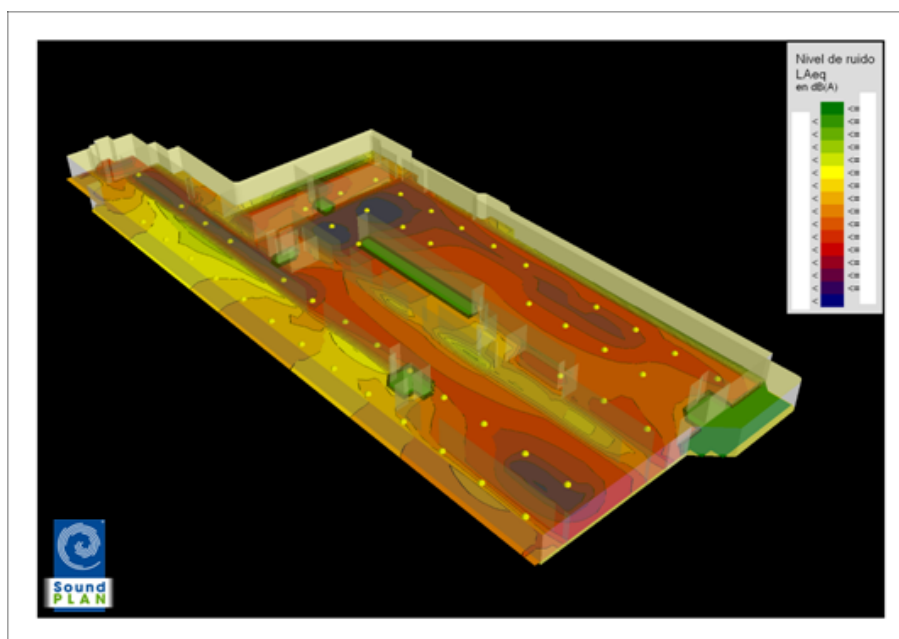
A continuación enumeramos algunos ejemplos ejecutados en nuestro país.

La figura 2 muestra en planta (2D) los niveles sonoros dentro de una nave industrial, revelando mediante una escala de colores los sectores donde se debería usar protección auditiva.



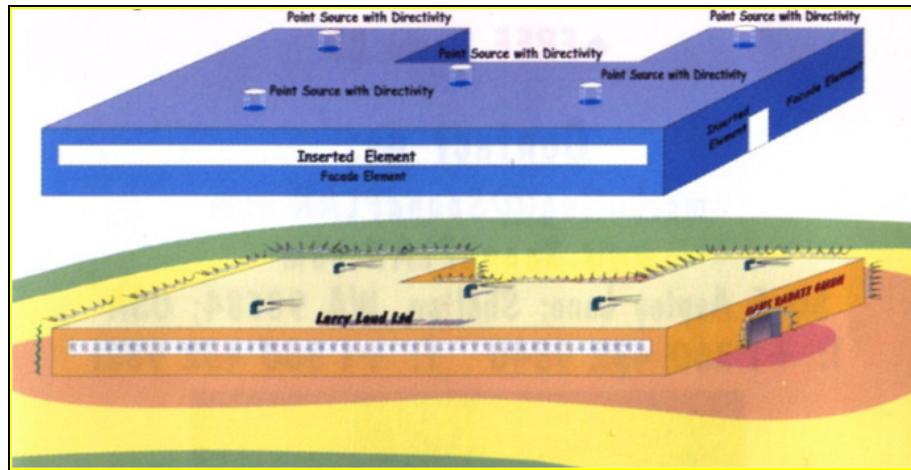
**Figura 2.** Mapa interior de niveles sonoros en una nave industrial

Las vistas en perspectiva se encuentran disponibles en los programas. La figura 3 corresponde a la vista en perspectiva de la figura 2 (3D).



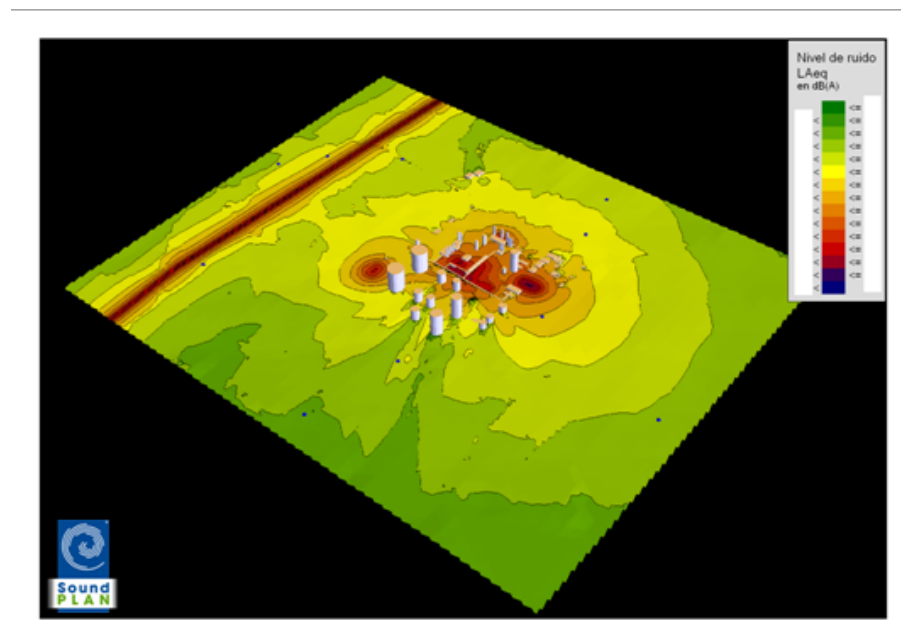
**Figura 3.** Perspectiva del Mapa interior de niveles sonoros

La propagación de ruido a partir de fuentes complejas con la trascendencia de niveles sonoros del interior al exterior, se observa en la figura 4.



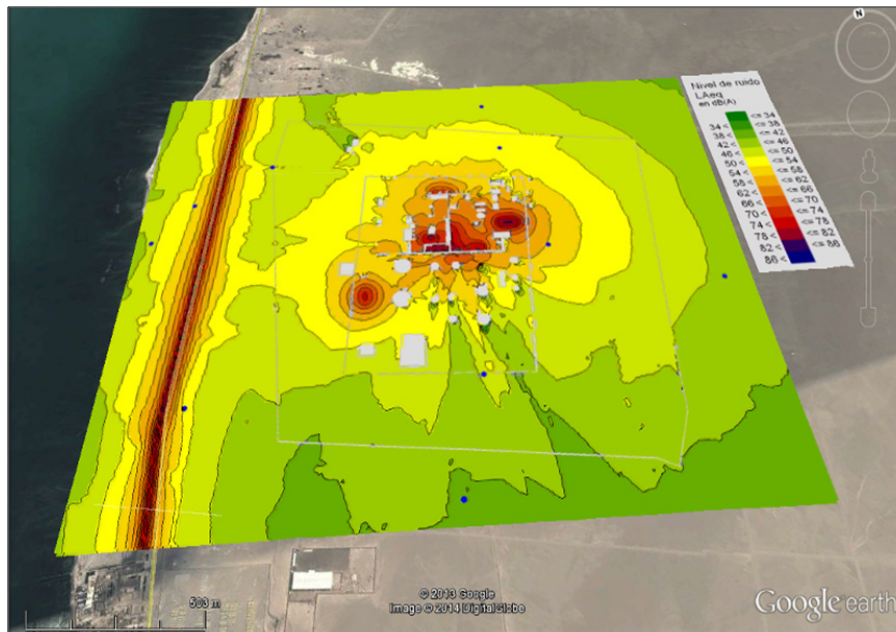
**Figura 4.** Trascendencia de niveles sonoros del interior al exterior

La vista en 3D de una planta de licuefacción de gas, figura 5, permite intuitivamente identificar las fuentes sonoras predominantes.



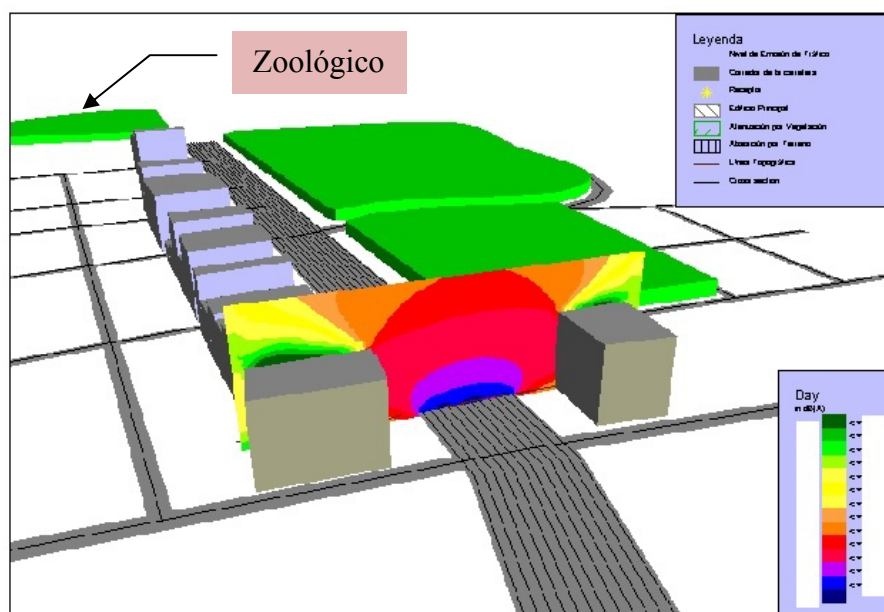
**Figura 5.** Vista en 3D de una planta de licuefacción de gas

La figura 6, Igual a la figura 5 aplicado y operado sobre Google Earth, esto permite navegar y cambiar las vistas con facilidad y sin requerir de programas adicionales.



**Figura 6.** Vista en 3D del mapa usando Google Earth

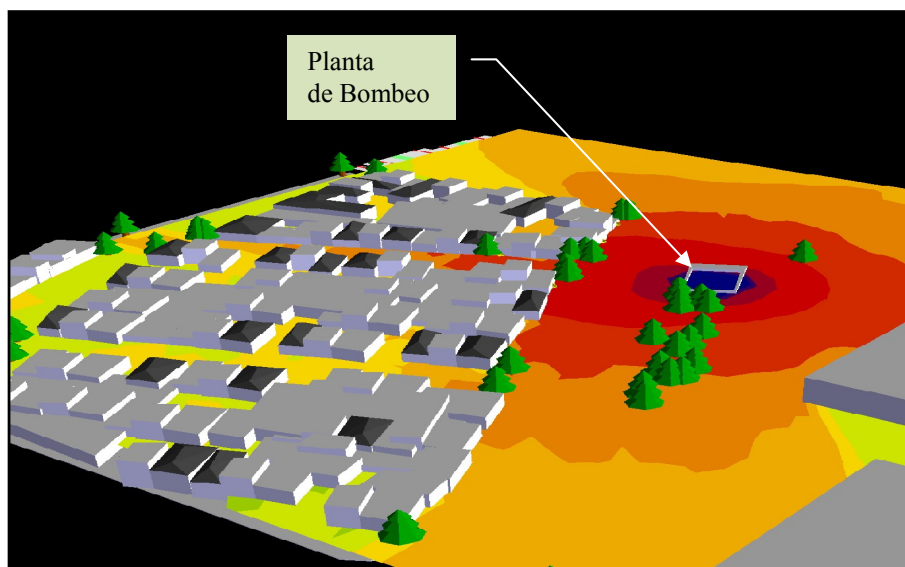
La Figura 7, muestra en 3D un corte de emisión sonora por tráfico vehicular en la Av Libertador y Salguero (Ciudad Autónoma de Buenos Aires).



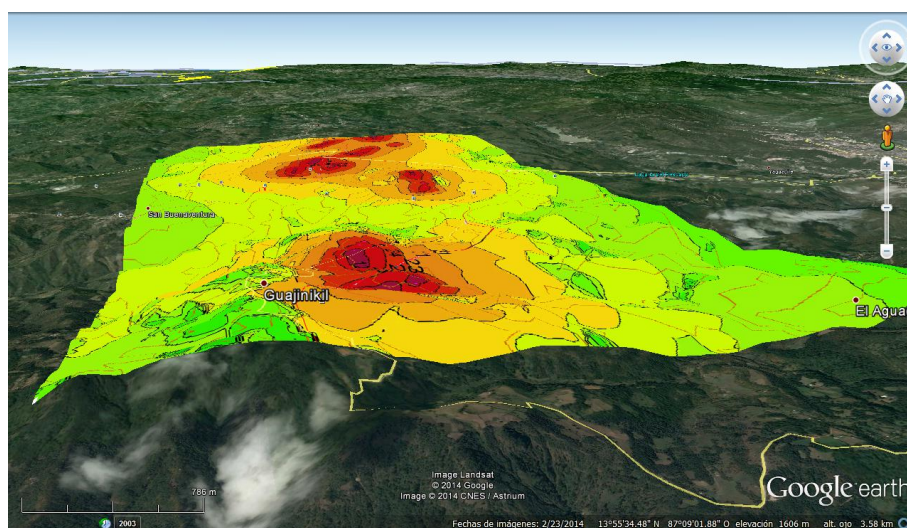
**Figura 7.** Corte de emisión sonora en la Av Libertador y Salguero



Las figuras 8 y 9 muestran en 3D, y aplicado sobre Google Earth, los mapas de ruido de una planta de bombeo de líquidos cloacales y un parque eólico respectivamente.



**Figura 8.** Vista en 3D de una planta de bombeo de líquidos cloacales



**Figura 9.** Parque eólico en 3D – Google Earth

## 11 Conclusiones

Los mapas son herramientas indispensables en las Evaluaciones de los Impactos Acústicos y en las Discusiones Públicas.

Permiten, en forma sencilla e intuitiva, determinar los sectores seguros y/o en conflicto, evaluando y ensayando infinidad de medidas mitigantes a nivel de proyecto.

Esta tecnología se viene aplicando en nuestro país desde hace muchos años y los trabajos presentados son ejemplos de ello.



**Referencias**

- Department of Transport Welsh Office (1998). Calculation of Road Traffic Noise. London, Her Majesty's Stationary Office. [http://www.noiseni.co.uk/calculation\\_of\\_road\\_traffic\\_noise.pdf](http://www.noiseni.co.uk/calculation_of_road_traffic_noise.pdf)
- DIN 18005-2:1991-09 - Noise abatement in town planning; noise maps; graphical representation of noise pollution
- EU Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal of the European Communities L 189/12, 2002.
- Federal Highway Administration. FHWA Traffic Noise Model (TNM) Version 3.0. [https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/traffic\\_noise\\_model/tnm\\_v30/](https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/traffic_noise_model/tnm_v30/)
- Google Maps. <http://maps.google.ar/>
- Herramienta web de mapas de ruido mediante Google Map
- ISO 9613-1:1993 - Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- ISO 9613-2:1996 Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation
- ISO 8297 - Acoustics -- Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment -- Engineering method.
- NF S 31-085 - Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier
- Sound Plan. Manual del usuario de Soundplan @2015