

# IMPACTO ACÚSTICO DEL SOTERRAMIENTO DEL TREN EN LA CIUDAD DE VALLADOLID (ESPAÑA)

M<sup>a</sup>. A. Martín<sup>a</sup>, A.I. Tarrero<sup>a</sup>, L. Rico. S. Fuente

<sup>a</sup> E.U.Politécnica, U. Valladolid, Francisco Mendizábal 1, 47014 Valladolid, España,  
[maruchi@sid.eup.uva.es](mailto:maruchi@sid.eup.uva.es) [ana@sid.eup.uva.es](mailto:ana@sid.eup.uva.es)

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es analizar como se vería afectada o se modificaría la situación acústica del entorno próximo a las vías ferroviarias con el soterramiento del tren. Para ello se han hecho medidas experimentales del Leq y de los percentiles durante un periodo continuo de tiempo en distintos puntos próximos a las vías del tren, sobre todo en las viviendas del entorno. Posteriormente se ha utilizado un programa de simulación para predecir los niveles de ruido (programa MITHRA). Con este programa se puede simular la situación real, y comparando los valores predichos con los medidos experimentalmente, se puede analizar y corregir las causas que pudieran influir en las discrepancias de los resultados.

Una vez optimizada la predicción para los puntos en los que se ha medido, se considera la nueva situación de este entorno después de que el tren haya sido soterrado, y se predicen los niveles y percentiles correspondientes. La comparación entre los valores experimentales y los predichos tras el soterramiento determinan el impacto acústico buscado.

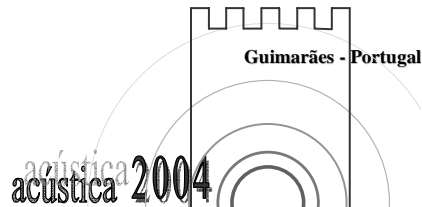
**ABSTRACT:** The purpose of this research is work is to analyze how would the acoustics conditions change in the surroundings of the railway if the train is converted into an underground train. In order to perform such study we have measured the Leq and the different percentiles during a continuous period of time in several points near the railway and in dwellings nearby. Then we have used a simulation program (MITHRA) in order to predict the environmental noise. If we compare the predicted values to the experimental values, it is possible to correct the model by adjusting the potential causes of such divergences.

Once the model is corrected, it is again modified to represent the situation of an underground train and the corresponding Leq and percentile values are predicted. Comparing the previous experimental values and the predictions obtained by the model over an underground train we can estimate the acoustical impact of such modification in the railway.

## 1. INTRODUCTION

En muchas ciudades de España la vía de ferrocarril es una de las barreras geográficas más importantes para sus ciudadanos ya que dificulta el tránsito peatonal y el acceso rodado. Por otra parte, también es un foco constante de emisión de ruido, que genera molestias en los vecinos de las zonas próximas a la vía, acentuándose durante la noche. Otro problema importante debido al ruido producido por el ferrocarril es el llamado coste económico del ruido, que se suele traducir en la devaluación de las viviendas, comercios, etc... de la zona.

El tramo del tren de alta velocidad español AVE que subirá al Norte de España y unirá comercialmente España con Portugal pasará por Valladolid y el Ayuntamiento de la ciudad ha



decidido soterrar la vía del ferrocarril con el fin de modernizar la ciudad y crear un nuevo centro, entorno a la futura estación de ferrocarril.

El objetivo principal de este trabajo es llevar a cabo un estudio completo y detallado del estado acústico actual en las zonas próximas a la vía del tren, en particular, del ruido producido por las líneas ferreas, para poder comparar con la situación acústica que habrá tras el soterramiento de las vías en la ciudad.

Para el estudio acústico tras el soterramiento del tren hay que esperar varios años, hasta el 2007, por este motivo se ha utilizado el software de predicción acústica MITHRA 5.0. Éste es un software de predicción diseñado para el estudio de la propagación acústica en aplicaciones externas. Los factores tales como el diseño de los edificios, la topografía local, las barreras del ruido, los tipos de suelo o los factores meteorológicos son tenidos en cuenta. Seleccionando los módulos apropiados, MITHRA se puede adaptar para satisfacer la medida acústica, sea tráfico, ferrocarril o una situación industrial.

Para la realización del estudio se han elegido cuatro puntos de medida significativos en los que se ha medido el nivel de ruido durante una semana. Los puntos se han elegido distribuidos a lo largo de la vía ferroviaria, intentando que cada uno fuera característico de su zona y que tuvieran el menor número de interferencias posibles, algo difícil debido a la presencia de carreteras en la mayor parte del recorrido de la vía por la ciudad. Los puntos de estudio son viviendas de uso residencial y un centro educativo

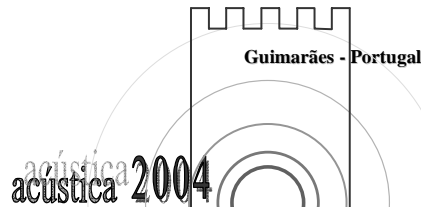
Para demostrar la validez del programa MITHRA se simulará en primer lugar la situación actual y se compararán los resultados proporcionados por el software con los valores medidos en cada uno de los cuatro puntos ajustando los parámetros adecuados para que las predicciones sean buenas.

La metodología de trabajo seguida se puede resumir en las siguientes tareas: 1º Identificar las fuentes de ruido más significativas en el entorno de la vía. 2º Elegir varios puntos de medida para determinar las características sonoras de varias zonas. 3º Caracterizar, mediante mediciones y modelos acústicos, la situación sonora en las zonas de estudio. 4º Predecir la afección sonora futura en los nuevos desarrollos urbanísticos próximos a las líneas ferroviarias mediante simulación con el software MITHRA.

Hay que destacar la dificultad que existe en este tipo de trabajos a la hora de interpretar los datos obtenidos debido al gran número de variables que entran en juego en las medidas de los niveles de ruido en lugares tan complejos. Aún así se extraerán el mayor número de conclusiones para cumplir con el objetivo de este trabajo.

## **2. SOFTWARE DE SIMULACIÓN ACÚSTICA MITHRA**

Una de las problemáticas de la acústica ambiental más difícil de resolver radica en cómo caracterizar un determinado entorno sonoro. Esto se hace difícil debido al gran número de



variables que influyen en la propagación del sonido en ambientes exteriores, entre los que podemos nombrar: la geografía, la urbanización, la naturaleza y número de fuentes sonoras de una zona, las variables atmosféricas, entre otras. Este es el caso común de las ciudades y el entorno que habitualmente ocupa el hombre de nuestra sociedad. La mayor dificultad para describir acústicamente un área es la variabilidad del ruido en el tiempo, y su carácter aparentemente aleatorio frente a la geometría del entorno. El ruido no sólo varía un momento tras otro, sino de un sitio a otro. Así durante los últimos años se ha buscado la manera de simular las situaciones acústicas de nuestro ambiente.

El programa MITHRA se basa en un algoritmo rápido de investigación de los caminos acústicos entre las fuentes de ruido y los receptores en un sitio complejo urbano. Estos caminos se representan por rayos que son directos, reflejados (por el suelo o por fachadas verticales) o una combinación de estos dos últimos. No estando limitado en su orden de reflexión y difracción, el algoritmo está bien adaptado a la predicción del ruido de tráfico. Los resultados se han calculado según la norma ISO9613 y se pueden dar de dos formas: Por medio de receptores puntuales, los cuales dan los datos del nivel sonoro que llega al receptor de forma numérica. Y por medio de mapas sonoros, los cuales se obtienen mediante el cálculo de numerosos receptores en el área especificada, y la agrupación de estos en franjas de color dentro de un orden de valores.

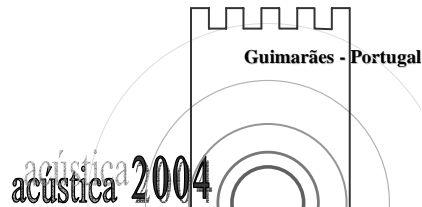
A partir de un mapa de Valladolid realizado en AUTOCAD se importa al software de predicción MITHRA 5.0. las zonas correspondientes a los puntos de medida. Con estos mapas importados obtenemos la distribución correcta de las calles a escala real y a partir de esto comenzamos a elaborar la geometría de los edificios, carreteras, plazas y demás parámetros urbanísticos. Con todo esto ya tenemos una representación aproximada de las zonas en las que se han realizado las medidas. Después se asignan a las carreteras y a las vías férreas el tráfico que les corresponda.

Después de la representación de todas las zonas el paso siguiente será colocar el receptor en el mismo lugar en el que hicimos las medidas. Se puede seleccionar el número de receptores que queremos poner en esa fachada y los piso en los que queremos hacerlo. En nuestro caso se pondrá un solo receptor en el mismo piso en el que se hicieron las medidas.

Una vez hecho todo esto, lo único que nos queda es simularlo. El estudio del ruido en la zona lo haremos de dos maneras, mediante el cálculo del  $L_{eq}$  en el receptor durante el día, la tarde y la noche, y mediante la creación de mapas de ruido de la zona.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA**

Los puntos de medida se eligieron intentando que fueran significativos, cercanos a la vía para poder determinar el ruido producido por el ferrocarril, con el menor número de interferencias posibles (carreteras, fábricas, ...). En cada punto elegido se tomaron muestras cada minuto durante una semana, en total 10080 muestras por punto.



### **Punto 1**

Está situado en la calle Salud nº 5 en la terraza de un ático, en el octavo piso. Entre la vivienda y las vías no existe ningún elemento constructivo, tan sólo la calle Salud, de una anchura aproximada de 25 m, y una hilera de árboles en la acera más cercana a las vías.

### **Punto 2**

También está en la Calle Salud, en el Nº 45. El equipo se instaló en el tercer piso del Colegio del Reinado Corazón de Jesús y Ntra. Sra. del Pilar. Entre la fachada del colegio y las vías sólo está la calle Salud que es de un sólo sentido y de un sólo carril, de 8 m de anchura aproximadamente. Al otro lado de las vías hay edificios residenciales. Muy cerca del colegio existe un paso a nivel, y los trenes procedentes del norte hacen sonar su bocina prácticamente en el punto de medida. En este punto habrá un incremento de ruido tanto a la entrada/salida de niños como en la hora de recreo.

### **Punto 3**

El equipo se instaló en el sexto piso del Nº 2 de la calle Montes y Martín Baró en un edificio de 11 plantas. Entre el punto de medida y las vías hay un paseo ajardinado de una anchura de 10 metros.

### **Punto 4**

El equipo se instaló en el número 23 de la calle Doctor Moreno en el cuarto piso. Entre el punto de medida y las vías existe el patio interior del edificio y la calle Montes y Martín Baró. Al otro lado de la vía hay naves industriales. Esta vez habrá interferencias por varias calles ( Doctor Moreno, Montes y Martín Baró, Wamba, Final...). La calle Montes y Martín Baró tiene una anchura aproximada de 10 metros en el punto de medida, desde éste hasta la calle existe un patio de 15 metros de longitud.

## **4. RESULTADOS OBTENIDOS**

### **Punto 1**

El ruido del tráfico rodado en este punto corresponde al de la calle Salud y al de la calle de la Vía. La calle Salud es una vía de 2 sentidos, con un carril para cada sentido. El tráfico que circula por esta calle es exclusivamente el de los residentes, las furgonetas comerciales y camiones de recogida de basura y reciclaje. Es un tráfico constante durante toda la semana incrementándose en las horas punta de los residentes y disminuyendo algo los fines de semana. Este punto está próximo a la vía que une Valladolid con Palencia y el norte, en general. Los trenes circulan prácticamente las 24 horas del día durante toda la semana.

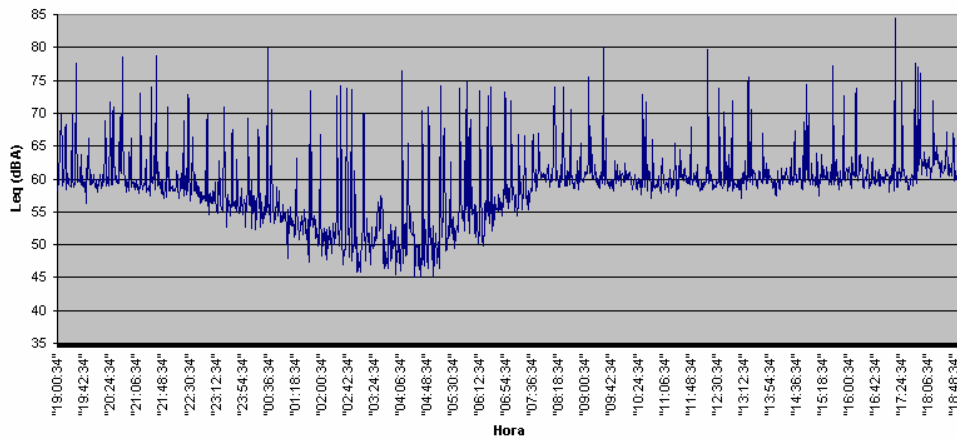


Figura 1- Representación del nivel de ruido en el punto 1 durante un día laborable

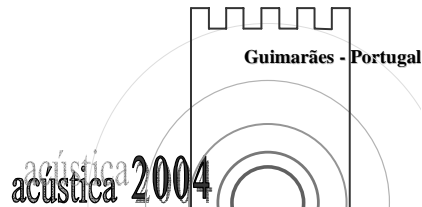
La representación del nivel medido un día laboral se muestra en la figura 1 donde pueden observarse variaciones bruscas de nivel debido al paso de los trenes. Los datos obtenidos durante los días laborables son “bastante homogéneos” entre sí. Hay que destacar que es el punto de los cuatro con mayor tráfico de vehículos. Existen grandes diferencias entre los niveles de ruido durante el día y la noche, se produce un incremento alrededor de las 7:00 AM cuando comienzan la mayoría de las actividades.

Tabla 1 – Niveles de ruido en el punto 1

	Ld [dbA]	Le [dbA]	Ln [dbA]
Valor predicho	64.4	64.4	61.3
Valor medido	63,72	63,64	61,84

En la tabla 1 se recogen los valores predichos por MITHRA y los valores medido en el punto 1, en tres franjas horarias, día, tarde y noche. Si comparamos los resultados observamos que son muy similares. Durante el día y la tarde los niveles son similares mientras que para la noche se produce un descenso de aproximadamente 2.5 dBA.

En el mapa de ruido generado por MITHRA para el entorno de este punto se observa que la calle San Isidro es la que más ruido soporta por el elevado paso de vehículos que tiene, lo mismo sucede en la plaza Circular. Ambas poseen valores que están entorno a 70-75 dBA. La vía de ferrocarril también es un foco importante a la hora de contabilizar el ruido existente. A pesar de que cuando circula un tren se producen valores superiores a los 70 – 75 dBA en el mapa de ruido se refleja un valor inferior al estar trabajando con valores medios y, por lo tanto, el tráfico ferroviario, que no es tan elevado como el de las carreteras, tiene un nivel medio inferior de ruido en sus proximidades.



En los patios interiores de los edificios el nivel de ruido está muy reducido por la atenuación producida por la altura de los inmuebles.

### **Puntos 2, 3 y 4**

Para los puntos 2, 3 y 4 se ha hecho un estudio similar al punto 1 y los resultados que se han obtenido se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 – Niveles de ruido en los punto 2,3 y 4

	Punto 2			Punto 3			Punto 4		
	Ld [dbA]	Le [dbA]	Ln [dbA]	Ld [dbA]	Le [dbA]	Ln [dbA]	Ld [dbA]	Le [dbA]	Ln [dbA]
Valor predicho	60.5	59.9	58.0	60.3	61.2	58.3	59.7	59.8	56.5
Valor medido	60,79	60,25	57,76	59,53	61,14	59,03	59.69	60.09	58.03

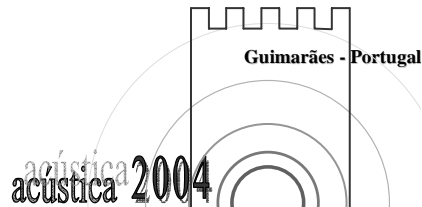
Comparando los valores predichos con los medidos en los 4 puntos podemos decir que con el software de predicción acústica MITHRA obtenemos valores similares a los valores reales y por tanto, será adecuado para realizar la predicción de los valores de ruido que puedan existir tras el soterramiento de las vías.

## **5. POSIBLES CAMBIOS URBANÍSTICOS TRAS EL SOTERRAMIENTO DEL TREN. INFLUENCIA EN EL RUIDO PRODUCIDO EN LA ZONA.**

Con la llegada del TAV (Tren de Alta Velocidad) y el correspondiente soterramiento de las vías, la ciudad experimentará numerosos cambios urbanísticos, se creará una nueva estación de ferrocarril y un nuevo entorno para ésta con altos pisos de oficinas, zonas ajardinadas, ... , también donde ahora se encuentran las vías en muchas zonas se construirán edificios para poder financiar en parte el coste del soterramiento, y en otras simplemente harán grandes paseos. Estos cambios pueden producir variaciones en el nivel de ruido existente en la ciudad. Para conocer la situación acústica una vez esté soterrada la vía utilizaremos MITHRA sobre los escenarios creados para la situación futura. Así, vamos a tener los siguientes resultados.

### **Puntos 1 y 2**

El lugar donde se encuentran las vías será sustituido por un amplio paseo con zonas ajardinadas y una carretera con tres carriles para cada sentido, uno de los cuales será para uso exclusivo de vehículos de servicio público. Otro cambio, de elevada importancia en lo que se refiere a los posibles niveles de ruido que existirán en el futuro como luego veremos, será la desaparición del túnel de la calle San Isidro que hará que la calle Salud vea incrementado el número de vehículos que circulen por ella ya que, además de que el número de carriles



aumentará, esta calle ahora unirá en los dos sentidos los barrios de la Pilarica, Pajarillos y Delicias y otras zonas importantes de la ciudad de Valladolid. El tráfico para el resto de calles no se ha modificado.

Tras realizar la simulación del escenario del punto 1 hemos obtenido los siguientes valores:  $L_d=65.1$ ,  $L_e=64.7$  y  $L_n=56.8$  dBA. Comparando estos resultados con los actuales vemos que el soterramiento en el punto 1 no influye demasiado en lo que se refiere al nivel de ruido durante las franjas horarias del día y la tarde. No hay que olvidar que se ha supuesto que el tráfico en la calle Salud se incrementará. Por el contrario, para el periodo nocturno los resultados son satisfactorios, se produce un descenso de 4.5 dBA aproximadamente, además de desaparecer los cambios bruscos de nivel debido al paso del tren.

La calle en la que se encuentra el punto 2 es la misma que la del punto 1, por lo tanto, los cambios urbanísticos en esta zona son similares. Tras realizar la simulación del escenario se han obtenido los siguientes valores:  $L_d=57.2$ ,  $L_e=56.4$  y  $L_n=48.9$  dBA. En este punto el soterramiento del tren va a producir reducciones importantes en el nivel del ruido para las tres franjas horarias (3.3 , 3.5 y 9.1 dBA respectivamente). Durante el día y la tarde el tráfico de vehículos en determinadas calles es importante y contribuye de manera notable al valor final, mientras que durante la noche el tren que era el principal causante del ruido desaparece, siendo la influencia de los vehículos muy pequeña.

### **Puntos 3 y 4**

Para la simulación del 3º punto se ha supuesto que la zona desalojada junto con la carretera que transcurre paralela a la vía se sustituirá por una carretera con tres carriles que da circulación en los dos sentidos y un paseo con zonas ajardinadas. El puente de la calle Daniel del Olmo no se ha modificado. Tras realizar la simulación del escenario hemos obtenido los siguientes valores:  $L_d=57.2$ ,  $L_e=57.3$  y  $L_n=49.7$  dBA. La reducción del nivel del ruido para el día es de 3.1 dBA, para la tarde de 3.9 dBA y para la noche de 8.6 dBA, valores muy similares a los que se obtenían con el soterramiento en el punto 2.

En el punto 4, el soterramiento del tren produce también un descenso en el nivel del ruido en las tres franjas horarias (1.5, 2.2 y 4.3 dBA respectivamente). Podemos ver que este es el punto de los cuatro donde, según el programa, el nivel de ruido se reduce menos durante la noche con el soterramiento del tren, aunque es un valor muy similar al que se obtuvo para el primer punto de medida, debido a que la influencia del tráfico de las carreteras próximas es más importante.

## **6. CONCLUSIONES**

Del análisis de los resultados de este trabajo podemos concluir en primer lugar que los valores proporcionados por el software MITHRA concuerdan en gran medida con los reales, y por lo tanto los valores obtenidos con los nuevos escenarios, tras el soterramiento de las vías, serán similares a los niveles que habrá en un futuro.



El punto 1 es el más afectado por el tráfico de automóviles y los cambios urbanísticos previstos no ayudan a disminuir el ruido ya que la desaparición del túnel de la calle San Isidro tiene como consecuencia que esta vía por la que circula un gran número de vehículos, emita al exterior más nivel de ruido del que producía con anterioridad. También se prevee que las calles cercanas a la vía sufran modificaciones en el número de carriles, tras el hueco dejado por las vías implicando mayor tráfico. Tras el soterramiento el nivel de ruido durante el día y la tarde será similar al actual, pero durante la noche se observa un descenso importante.

En el punto 2 el ruido producido actualmente por el tráfico ferroviario es el más influyente en el nivel global debido a que las calles de los alrededores tienen escaso tráfico y circulación muy lenta. Una vez soterradas las vías el tráfico será el principal foco de ruido el nivel se verá reducido considerable, sobre todo durante el periodo nocturno donde el descenso es muy importante. Lo mismo sucede para el punto 3.

Otra conclusión es que el soterramiento de las vías conllevará la desaparición de los cambios bruscos de nivel que se producen con el paso del tren sobre todo durante la noche ( de 40 a 75 dBA).

**Con todo ello podemos concluir que la contaminación acústica en la ciudad de Valladolid se verá reducida tras el soterramiento del tren, sobre todo durante la noche y será acogida con satisfacción por los residentes de las zonas próximas a las vías ferroviarias**

**RECONOCIMIENTOS:** A la empresa IBERACÚSTICA por su colaboración