

# Expectativas del consumidor hacia el uso y compra de vehículos híbridos y eléctricos (EV/HEV) en función del ruido y las vibraciones



Álvaro García del Castillo-López<sup>1</sup>; Peter Cocron<sup>2</sup>; Cristina Mora<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Miguel Hernández de Elche, Elche, Spain

<sup>2</sup> Technische Universität, Chemnitz, Germany

alvaro.garciac@umh.es

PACS: 43.50.Lj

## Resumen

La situación climática actual exige un cambio urgente en las políticas de emisión de CO<sub>2</sub>, siendo los vehículos de transporte una de las mayores fuentes de emisión sobre la que podemos actuar. La alternativa de los vehículos eléctricos y los vehículos híbridos (EV y HEV por sus siglas en inglés) se configura como una solución prometedora para cambiar esta tendencia. Entender los beneficios de esta tecnología es un paso imprescindible para conseguir su implementación. En este sentido, una de las características distintivas son sus bajos niveles de ruido en comparación con los vehículos convencionales. Uno de los objetivos de este estudio es, por tanto, analizar las expectativas de los consumidores respecto al ruido de estos vehículos y conocer si puede afectar a la decisión de compra. Se analizarán también las actitudes hacia los EV/HEV en un modelo de ecuaciones estructurales que contemple las relaciones de las variables implicadas.

## Abstract

The current climate situation requires an urgent change in the policies of CO<sub>2</sub> emission, being vehicles of transport, one of the major emission sources on which we can act. The alternative of electric vehicles and hybrid vehicles (EV and HEV) is configured as a promising solution to change this trend. Understanding the benefits of this technology is an essential step to achieve its implementation. In this sense, one of the distinguishing features of vehicles with an alternative power train are their low levels of noise in comparison with conventional vehicles. One of the objectives of this study is, therefore, analyze customer expectations concerning the noise of these vehicles, and to know if that can affect to the decision of buy. Attitudes towards the EV/HEV in a structural equation model that contemplates the relationships of the variables involved will also be analyzed.

## 1. Introducción

La evolución de las ciudades durante las últimas décadas, junto con el propio desarrollo de la sociedad y la tecnología, ha permitido el crecimiento exponencial de los núcleos urbanos hasta alcanzar tasas de concentración poblacional que en ocasiones pueden resultar incluso excesivas. Esta nueva realidad ha provocado que determinadas características derivadas de la convivencia urbana puedan acabar convirtiéndose en un problema. Una de estas variables que en los últimos años se ha ido configurando como un elemento incómodo que puede afectar directamente a la calidad de vida en las ciudades es el ruido [1], el cual puede afectar al sueño [2], puede aumentar el riesgo cardiovascular [3] o puede producir otros trastornos tanto auditivos como no auditivos [4].

Además del ruido inherente a la actividad humana, una de las mayores fuentes de ruido en las ciudades son los vehículos de transporte motorizados o transporte rodado [5, 6, 7]. En este tipo de vehículos, los llamados convencionales o de combustión interna (gasolina o diésel) son los que más ruido generan, en comparación con los vehículos eléctricos (EV) o híbridos (HEV) cuya baja emisión de ruido puede contribuir al bienestar en los núcleos urbanos. Esta característica que en principio se antoja positiva para la convivencia en las ciudades, puede producir algunos problemas de seguridad vial derivados de la dificultad de advertir la presencia de estos vehículos silenciosos a baja velocidad en entornos urbanos [8, 9, 10].

Esta coyuntura hace necesario estudiar cómo los usuarios y posibles consumidores de este tipo de

vehículos evalúan el sonido, en qué se fijan cuando evalúan la calidad del mismo [11] y cómo evalúan esa calidad [12]. En este sentido, el estudio de las expectativas del consumidor hacia el ruido o las vibraciones cuando usan o pretenden adquirir un EV/HEV se torna de gran importancia, ya que al vincularse el sonido del vehículo con la calidad del mismo y de la marca, estas características pueden influir en la intención de compra y en la satisfacción de los usuarios.

A la vista de los datos expuestos, en la presente investigación se propone estudiar el efecto de las expectativas de los consumidores hacia el uso y compra de EV/HEV mediante un modelo basado en la metodología de las ecuaciones estructurales (SEM). En un estudio previo [13] se elabora un modelo SEM basado en la literatura en el que se relacionan diversas variables implicadas en la conducta de compra y uso de estos vehículos atendiendo a sus características de ruido y vibraciones (Figura 1).

Los resultados de ese estudio muestran que la mayoría de las personas evaluadas prefieren un ambiente silencioso en el interior del vehículo mientras conducen, llegando incluso a incomodarse si perciben el sonido del cambio de marchas o las vibraciones. A pesar de ello, la mayoría de los sujetos declaran sentirse cómodos con algún sonido durante la conducción [13]. Estas preferencias a la hora de utilizar un vehículo en función del sonido o vibración que produce durante la conducción, se relaciona directamente con las actitudes de los usuarios hacia este fenómeno, pudiendo diferenciar entre usuarios en función de su perfil. La investigación en el campo de

las actitudes refleja su implicación en la predicción de la conducta [14]. Se ha visto cómo una actitud proambiental se relaciona positivamente con una conducta ecológica [15, 16] de lo que se desprende que, además del perfil de usuario resultante en función de su actitud general hacia el ruido y las vibraciones de los vehículos, la actitud ecológica influirá en el uso y compra de EV/HEV.

La evaluación del riesgo vinculado a los EV/HEV es otro factor importante a contemplar en un modelo de expectativas de los consumidores. El riesgo se puede contemplar desde dos perspectivas, una real y otra subjetiva [17] que puede afectar de igual manera a la intención de uso y compra. Además, las actitudes relacionadas con el medio ambiente y la tecnología afectan a las evaluaciones de riesgo [18]. De esta forma, la percepción de riesgo derivada de los EV/HEV podrá afectar tanto al uso como a la adquisición de estos vehículos desde el punto de vista del consumidor.

Para comprobar la estructura y validez del modelo expuesto en la Figura 1 se realizan varios análisis factoriales (tanto exploratorios como confirmatorios), con el objetivo de reducir la estructura de los cuestionarios implicados en la elaboración del modelo y mejorar la parsimonia de éste. A continuación se muestra el procedimiento y los resultados con la muestra final y el análisis del modelo definitivo.

La presente investigación se realizó en el marco de acción COST TU1105 titulada «NVH analysis techniques for design and optimization of hybrid and electric vehicles».

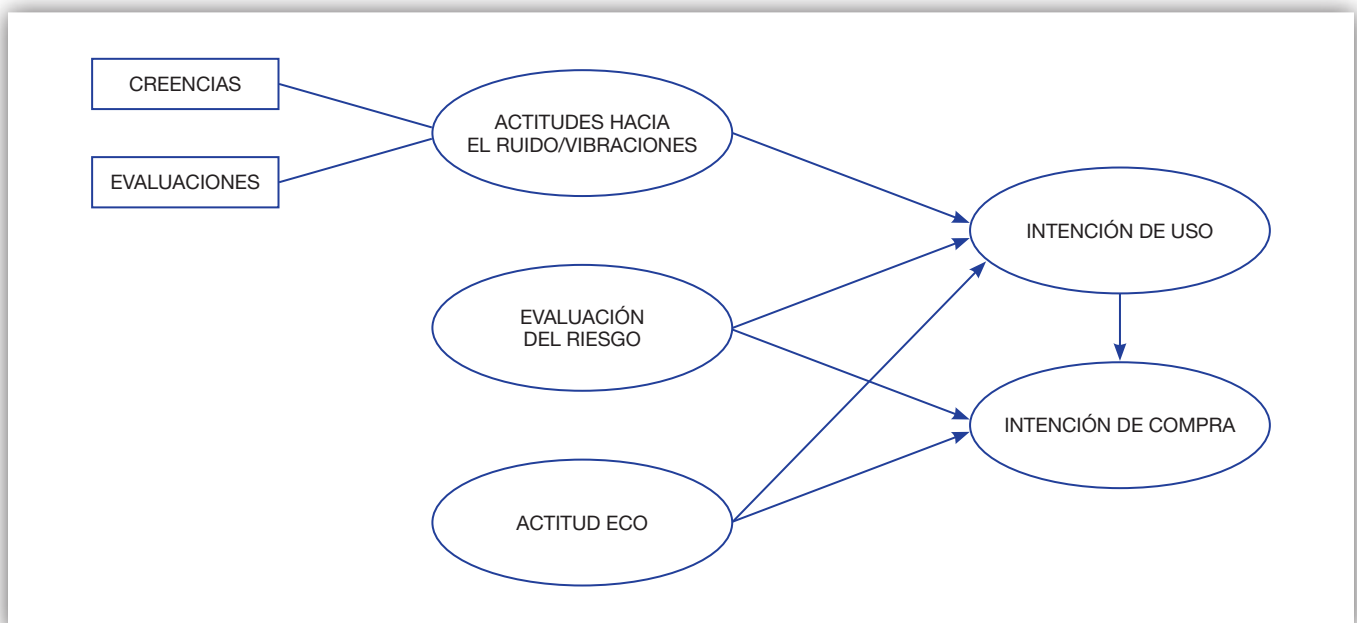


Figura 1. Modelo hipotético de expectativas de los consumidores.

## 2. Método

### 2.1. Muestra

La muestra final del estudio está compuesta por 332 sujetos (25% mujeres y 75% hombres). La mayoría de la muestra es de nacionalidad española (49.7%), seguido de británicos (15%) y alemanes (12%).

### 2.2. Instrumentos

Se ha construido un cuestionario ad-hoc con base en la literatura. El alfa de Cronbach inicial del cuestionario, previa eliminación de ítems, arroja un valor de .76.

### 2.3. Procedimiento

Conforme a lo explicado anteriormente, se realizan varios análisis factoriales para ajustar los ítems del cuestionario y se comprueba finalmente la adecuación y el ajuste del modelo de ecuaciones estructurales.

## 3. Resultados

A nivel descriptivo, la mayoría de la muestra estudiada declara preferir un ambiente libre de ruido de motor a la hora de conducir un vehículo (60.55%), por lo que hablamos de un perfil de consumidor más innovador que tradicional en la muestra estudiada. El 74.4% de la muestra está de acuerdo al afirmar que el sonido del motor de un vehículo es señal de su rendimiento. En relación a la percepción de riesgo de los EV/HEV en función del ruido que emiten, el 64.4% de los usuarios entienden que la ausencia de sonido motor puede causar problemas a

otros usuarios. Además, el 58.4% cree que esta ausencia de ruido de los EV/HEV puede resultar peligrosa para el tráfico. En cuanto a los peatones, el 80.1% de la muestra cree que el ruido de los coches es necesario para que los peatones puedan detectar los vehículos (Tabla 1).

Tras la reducción de ítems del cuestionario principal, el modelo queda formado conforme se muestra en la Figura 2.

La variable «Perfil de usuario» comprende 7 ítems relacionados con las actitudes de los usuarios de vehículos hacia el ruido y la vibración. Se obtienen por tanto dos perfiles diferentes en función de su mayor o menor predisposición a aceptar estos ruidos y vibraciones en los vehículos.

La variable «Evaluación del riesgo» comprende 3 ítems que se corresponden con cómo los usuarios evalúan el riesgo relacionado con el ruido y las vibraciones de los EV/HEV.

La variable «Percepción General de EVs» se corresponde con las actitudes ecológicas y valoración general relacionadas con los EV/HEV.

Los resultados finales del modelo indican buenos índices de ajuste a los datos. El alfa final del modelo es .70

Tabla 1. Índices de ajuste del modelo final.

<b>NFI</b>	.85
<b>NNFI</b>	.88
<b>CFI</b>	.90
<b>IFI</b>	.90
<b>RMSEA</b>	.073 (.065, .080)

Nota: NFI = Normed Fit Index; NNFI = Non-Normed Fit Index; CFI = Comparative Fit Index; IFI = Incremental Fit Index; RMSEA = Root Mean Square Error of Approximation.

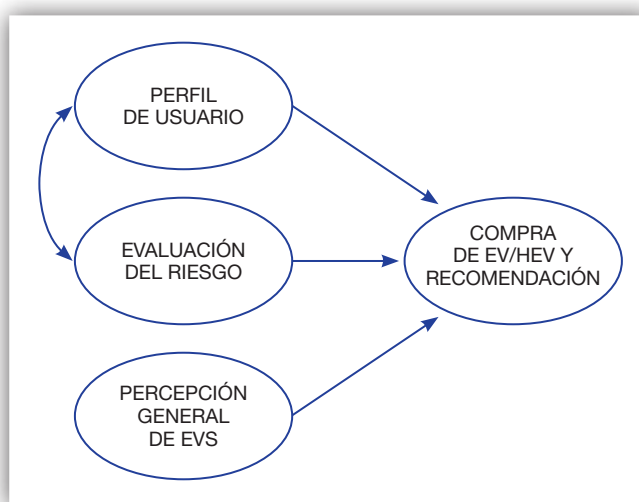


Figura 2. Modelo final.

Tabla 2. Resultados descriptivos (% , N = 332).

	CA	A	AA	AD	D	CD
Necesito escuchar el motor de mi vehículo	7.5	23.5	28.9	10.5	18.7	10.8
En mi opinión, el sonido del motor de un coche es una señal de su rendimiento	4.8	23.5	25.3	16.0	15.4	15.1
La ausencia de ruido de motor causa problemas a otros conductores	6.9	22.6	34.9	16.3	11.4	7.8
Creo que la ausencia de ruido de un vehículo eléctrico es peligrosa para el tráfico	10.5	17.5	30.4	18.4	15.4	7.8
Los peatones necesitan el ruido de los coches para detectar los vehículos	24.1	32.8	23.2	9.0	7.5	3.3

Nota: CA = Completamente de Acuerdo; A = De Acuerdo; AA = Algo de Acuerdo; AD = Algo en Desacuerdo; D = En Desacuerdo; CD = Completamente en Desacuerdo.

y predice el 44.2% de la varianza. En la Tabla 2 se pueden observar los índices de ajuste del modelo.

#### 4. Discusión y conclusiones

La metodología SEM ha demostrado ser eficaz para el desarrollo de modelos explicativos para estimar el efecto entre diferentes variables y estudiar cómo se relacionan entre ellas [19]. El diseño y comprobación de este tipo de modelos contribuye sustancialmente a la creación de un campo teórico sobre el que desarrollar posteriores investigaciones. En el estudio de los EV/HEV las expectativas de los consumidores y usuarios, tanto desde el punto de vista del uso como desde la perspectiva de la posible adquisición de esta tecnología, conocer los aspectos más relevantes sobre los que se deposita el interés o las preocupaciones se convierte en un aspecto fundamental para alcanzar el éxito. Los resultados encontrados en este estudio subrayan la idea de que el ruido y las vibraciones son uno de esos aspectos fundamentales en los que los consumidores se fijan a la hora de utilizar, comprar o entender el funcionamiento de este tipo de vehículos, ya no solo desde el punto de vista del conductor del vehículo, sino también desde la visión del peatón que puede verse afectado por alguna de sus características, como la ausencia de ruido al circular a baja velocidad sobre todo en entornos urbanos [8].

Comprobar cómo el perfil de usuario o consumidor de esta tecnología puede afectar a la compra y/o uso es primordial para conseguir llegar a aquellos sectores poblacionales en los que la adquisición de estos vehículos resulta más complicada. Además, la reducción de la percepción de riesgo real o subjetiva asociada a estos vehículos redundará en las conductas de acercamiento, uso y compra.

No debemos perder de vista los aspectos relacionados con otras características asociadas a estos vehículos que pueden estar influyendo en su uso y/o compra y que no están incluidas en el modelo objeto de esta investigación. A pesar de que los usuarios puedan tener una actitud positiva hacia los EV/HEV otras variables como la edad, el nivel social o el precio de estos vehículos pueden afectar a la intención de compra [13].

En cualquier caso, será necesario continuar desarrollando la investigación en esta línea con nuevas muestras sobre las que comprobar la eficacia del modelo, así como diseñar nuevos planteamientos que contemplen la inclusión de más variables implicadas en este proceso.

#### 5. Agradecimientos

La realización de esta investigación fue posible gracias a la acción COST TU1105, y a la colaboración y

apoyo incondicional del Prof. Dr. Josef F. Krems y su equipo en el Departamento de Cognitive & Engineering Psychology de la Technische Universität de Chemnitz, con mención especial a la labor del Dr. Peter Cocron que fue crucial para el buen desarrollo del proyecto.

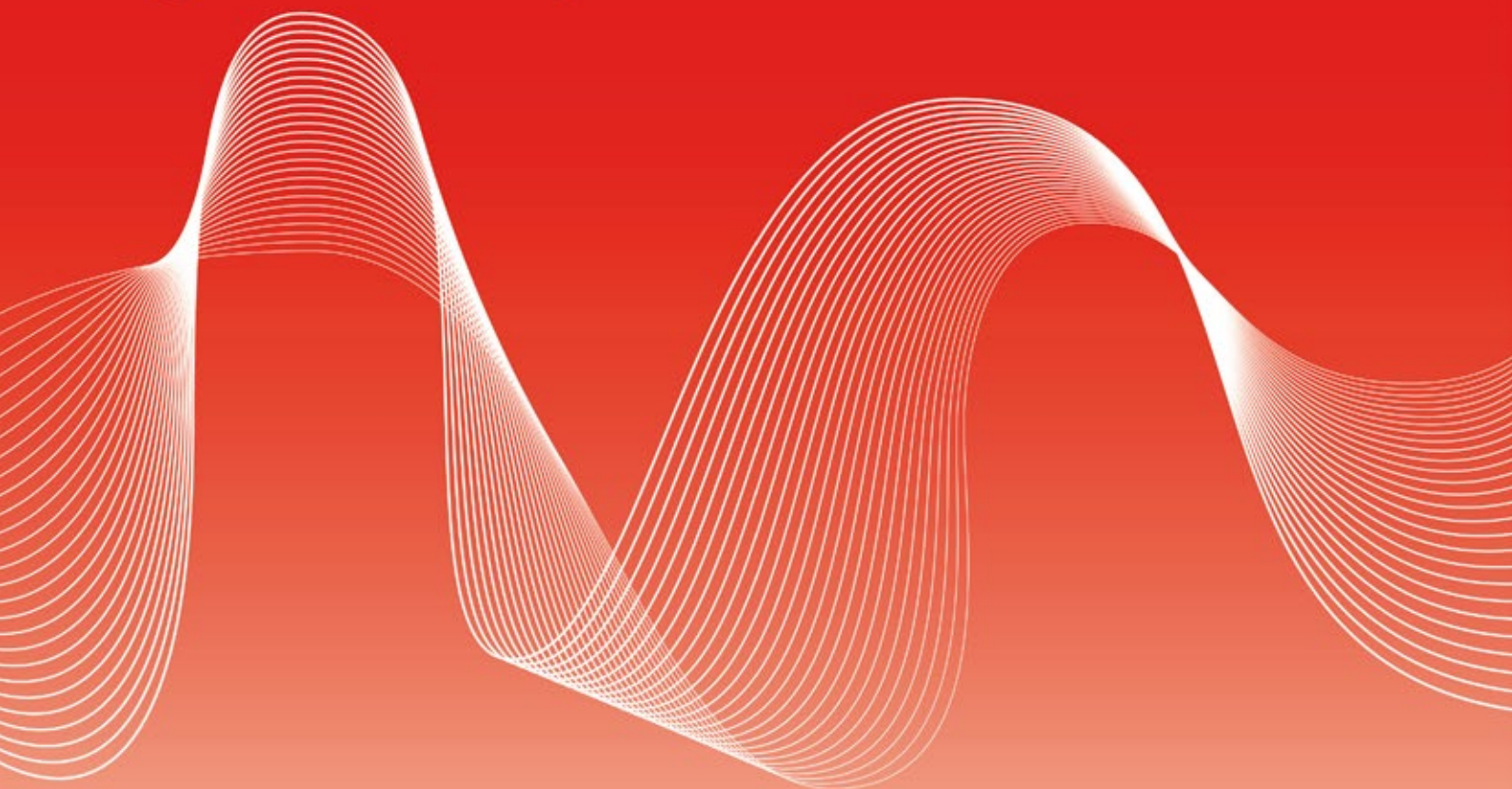
#### 6. Referencias

- [1] García, B. y Garrido, F.J. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. Colección Estudios Sociales, 12. Fundación La Caixa.
- [2] Jakovljević, B., Lojević, G., Paunović, K., y Stojanov, V. (2006). Road traffic noise and sleep disturbances in an urban population: Cross-sectional study. *Croatian Medical Journal*, 47(1), 125-33.
- [3] Babisch, W. (2006). Transportation noise and cardiovascular risk: Updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise and Health*, 8(30), 1-29. doi: 10.4103/1463-1741.32464
- [4] Díaz, J. y Linares, C. (2015). Efectos en la salud del ruido de tráfico: Más allá de las «molestias». *Revista de Salud Ambiental*, 15(2), 121-31.
- [5] Delgado, O. y Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Revista Ciencias Espaciales*, 8(1), 411-40.
- [6] Quintero, J.R. (2013). Niveles de ruido vehicular en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, Colombia. *L'esprit Ingénieur*, 4(1), 64-73
- [7] Ruiz, A. (2016). Desarrollo de una metodología de toma de decisiones para el establecimiento de prioridades de actuación contra el ruido de tráfico en carreteras. Granada: Universidad de Granada.
- [8] Cocron, P., Bühler, F., Franke, T., Neumann, I., y Krems, J. F. (2011). The silence of electric vehicles – blessing or curse? *Actas de «90th Annual Meeting of the Transportation Research Board»*, Washington, D.C.
- [9] Hong, S., Cho, K. y Ko, B. (2013). Investigation of probability of pedestrian crash based on auditory recognition distance due to a quiet vehicle in motor mode. *International Journal of Automotive Technology*, 14(3), 441-48.
- [10] Sandberg, U., Goubert, L. y Mioduszewski, P. (2010). Are vehicles driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals? *Actas del 20 Congreso Internacional de Acústica*, Sydney, Australia.

- [11] Fry, J., Jennings, P., Williams, R., y Dunne, G. (2004). Understanding how customers make their decisions on product sound quality. Actas del 33 Congreso Internacional y Exposición sobre Ingeniería de Control de Ruido, Prague, Czech Republic.
- [12] Allman-Ward, M., Williams, R., Dunne, G., y Jennings, P. (2004, August). The evaluation of vehicle sound quality using an NVH simulator. Actas del 33 Congreso Internacional y Exposición sobre Ingeniería de Control de Ruido, Prague, Czech Republic.
- [13] García del Castillo-López y Cocron, P. (2016). Methods to assess customer expectations related to vehicle noise, vibration and harshness. En Nuria Campillo-Davo y Ahmed Rassili (eds). *NHV Analysis Techniques for Design and Optimization of Hybrid and Electric Vehicles*. Shaker Verlag: Aachen.
- [14] Reyes, L. (2007). La teoría de acción razonada: implicaciones para el estudio de las actitudes. *Investigación Educativa Duranguense*, (7), 66-77.
- [15] Álvarez, P. y Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles. Implicaciones para la educación ambiental. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 245-60.
- [16] González, A. y Américo, M. (1999). Actitudes hacia el medio ambiente y conducta ecológica. *Psicothema*, 11(1), 13-25.
- [17] García del Castillo, J.A., García del Castillo-López, A., López-Sánchez, C. y Dias, P.C. (2016). Risk perception and psychosocial vulnerability in health behaviors. En Theodore Spencer (ed.), *Risk Perception*. Nova Science Publishers: USA.
- [18] Rohrmann, B. y Eichner, K. (2012). Perception of hazards for health and safety: cross-cultural social-science perspectives. Final report Melbourne 2012.
- [19] Ruiz, M.A., Pardo, A. y San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 34-45.

# Audiotec

## Ingeniería y Control del Ruido



### CENTRO TECNOLÓGICO DE ACÚSTICA

#### Calidad, Innovación, Confianza, Garantía

LABORATORIO ACÚSTICO | PROYECTOS ACÚSTICOS | MEDICIONES IN SITU

ESTUDIOS DE SIMULACIÓN | AISLAMIENTO ACÚSTICO | MAPAS DE RUIDO

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO | CÁMARAS NORMALIZADAS

PLANES DE ACCIÓN | INSONORIZACIÓN | INDUSTRIA, EDIFICACIÓN Y ACTIVIDADES

## [www.audiotec.es](http://www.audiotec.es)

Contacto:



**Audiotec**

902 373 799

info@audiotec.es

Audiotec en España:



Certificaciones:



Acreditaciones:



Síguenos:

