



Influencia de factores actitudinales que afectan a la relación exposición-respuesta de vibraciones por obras de construcción

María Dolores Redel-Macías¹, David Waddington², Daniel Wong-McSweeney², James Woodcock², Eulalia Peris², Andy Moorhouse²

¹Ingeniería Rural, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

²Acoustics Research Centre, University of Salford, Salford M5 4WT, UK.

(Corresponding author: mdredel@uco.es)

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la influencia de la exposición a vibraciones de los residentes próximos a obras de construcción para ferrocarriles ligeros. En este sentido, parece claro que la molestia incrementa al incrementar el nivel de vibración. Sin embargo, no hay una correlación clara entre la exposición a vibraciones y el nivel de molestia. Esto podría sugerir que hay otro tipo de factores inherentes al nivel de vibración que pueden influenciar la molestia. Por tanto, factores actitudinales, situacionales y demográficos han sido investigados en este trabajo para establecer su influencia en la exposición a vibraciones. Se han llevado a cabo encuestas personales a los residentes (N=350) afectados por vibraciones procedentes de obras de construcción. A partir de las respuestas se han obtenido modelos semi-empíricos para expresar la relación exposición-respuesta a vibraciones en base a factores actitudinales. Finalmente, se ha encontrado que la respuesta a la molestia está fuertemente correlacionada con factores actitudinales. Por tanto, futuras políticas sobre el impacto de vibraciones procedentes de obras de construcción deberían considerar factores actitudinales para reducir los niveles de molestia en los residentes afectados.

Palabras-clave: Vibración, Molestia, Construcción, Relación exposición-respuesta, Ferrocarriles Ligeros.

Abstract

The main aim of this paper is to study the influence of exposure-response relationships from vibration for construction of an urban Light Rail Transit (LRT). In this sense, it seems that the annoyance increases with the vibration level. However, there is not a strong correlation between vibration exposure and levels of annoyance. This may suggest that there is other kind of inherent factors related to the vibration exposure, which could have influence on the annoyance. Thus, attitudinal, situational and demographic factors have been researched in this work in order to establish their influence on the vibration annoyance. A face-to-face survey of residents (N=350) near to sites of LRT construction was conducted. Responses were used to achieve semi-empirical models of exposure-response relationships from vibration based on attitudinal factors. Finally, it was found that annoyance responses were strongly correlated to the attitudinal factors. Therefore, future policies regarding the impact of construction vibration on community should consider attitudinal factors in order to reduce vibration annoyance in the resident.

Keywords: Vibration, Annoyance, Construction, Exposure-Response Relationship, Light Rapid Transport (LRT).

PACS no. 43.40.+s, 43.66.+y.



1 Introducción

La exposición a vibraciones de cuerpo completo puede originar molestia en entornos residenciales [1-3]. Además, éstas pueden afectar a la salud de las personas [4, 5]. Algunos estándares nacionales e internacionales se basan en estudios previos que se centran en los límites de percepción de vibración medidos en un laboratorio. Por ejemplo, el estándar británico sobre vibraciones en construcción, BS5228.2 [6], se centra principalmente en la transmisión de estas en el lugar de la construcción y no en la posible molestia causada a viviendas cercanas que pudieran verse afectadas. En ésta también se describen los efectos potenciales de perturbaciones producidas por las vibraciones generadas en la construcción y los descriptores de vibración. Sin embargo, entre los factores que influirían en la reacción de una comunidad a vibraciones se encuentran: la localización, nivel de vibración ambiental existente, duración de las operaciones de vibración, horas de trabajo, actitud del técnico encargado de la obra, características de la vibración y el efecto de éstas en los edificios. Estos factores están basados principalmente en la magnitud, franja horaria y duración de la exposición, los cuales no están solamente implicados en la molestia a los residentes [5].

Fields & Walker [7] describieron que en ausencia de medidas de vibración, la distancia y por tanto la magnitud, está relacionada con la molestia en hogares domésticos pero que además hay otros factores influyentes. Woodroff & Griffin [5] mostraron que la magnitud de la vibración no era el principal factor en la relación de la molestia con la vibración sino el número de trenes durante un periodo de 24 horas. Además de esto, P.D. Schomer & Neathammer [8] describieron como el efecto del traqueteo ya que un resultado de las vibraciones de tierra producida por helicópteros militares podría suponer 12dB offset de molestia. En relación a la molestia del ruido del tren, P. Schomer *et al.* [9] encontraron que fue necesario hacer una distinción entre diferentes test de sitio para los cuales la vibración fue o no fue perceptible. Zapfre *et al.* [6] investigaron la relación exposición-respuesta entre vibraciones provocadas por trenes y la molestia en las personas residentes. Los resultados mostraron que solamente un cuarto de la variación encontrada en respuesta fue explicada por la relación exposición-respuesta. Gidlöf-Gunnarsson *et al.* [10] observaron factores relacionados con el tren, el número de trenes y la presencia de vibraciones en tierra. Se encontró que había un incremento de la molestia para velocidades de vibración altas y había una gran interacción entre la vibración y el ruido. Había más molestia de vibración en presencia de ruido y viceversa. También se encontró que la molestia incrementó en casas comparada con los bloques de pisos aunque el material de construcción no fue un factor determinante.

En una gran encuesta socio-vibracional llevada a cabo por Klæboe *et al.* [1] se determinó las relaciones exposición-respuesta para fuentes de carreteras y trenes. La relación exposición-respuesta, a partir de cuestionarios y estimaciones internas semi-empíricas, fue modelada usando regresión lineal logística. Este método es una mejora del uso de regresión lineal el cual no considera no linealidades de las relaciones exposición-respuesta. Este estudio no observa específicamente otros factores como por ejemplo edad, duración de la vibración o número de eventos que afectan a la relación vibración-molestia.

Se ha observado que la molestia de la vibración no está bien correlacionada con cualquier descripción física de la vibración Waddington *et al.* [3, 11]. En este sentido, se encontró que a mayor magnitud de las vibraciones mayor molestia de las vibraciones provenientes del tren [6, 12-14]. La frecuencia y la duración de las vibraciones así como si es acompañada de ruido está correlacionada con la molestia de la vibración [15, 16]. Woodcock *et al.* [17] sugirieron que solamente entre 1% a un 4% de la varianza de la molestia es explicada por parámetros vibratoriales demostrando que existen además otros factores muy importantes. Esto es más que un ruido. Fields [18] correlacionó un sentido asociado de el peligro a la fuente de vibración con el incremento de la molestia.



Peris *et al.* [19] investigaron la molestia de la vibración de los trenes encontrando varios factores que influyen en la molestia de los residentes próximos a los trenes. Especialmente encontraron que la conciencia sobre la posibilidad de producir daños a la propiedad y la expectativa sobre un incremento de las vibraciones futuras fueron dos factores actitudinales que incrementaban la molestia. Los factores situacionales que incrementaban la molestia fueron el tipo de área residencial, el periodo de tiempo permaneciendo en la vivienda y la visibilidad del tren. Finalmente solamente el único factor demográfico que afectó a la molestia fue la edad de los participantes en la encuesta con incremento de la molestia en los de mediana edad.

2 Materiales y métodos

2.1 Diseño del estudio y de la muestra

Los datos empleados en este estudio fueron los mismos que los empleados en otros estudios llevados a cabo previamente [3, 20]. Hay dos componentes necesarios en esta investigación, los datos de vibración y los datos de respuesta a las encuestas. Las medidas fueron hechas en el Noroeste del Reino Unido en 2010 durante la construcción del sistema de Ferrocarriles Ligeros como parte del estudio “*Respuesta Humana a Vibraciones en entornos residenciales*” por la Universidad de Salford [3].

Los puntos de medida fueron identificados a través de servicios de mapas online y luego fueron visitados para determinar si estos eran apropiados para el estudio. Tres lugares fueron elegidos como adecuados para la realización de las medidas y donde se comprobó que no había influencias externas de otras fuentes de vibración de construcción. Las encuestas se llevaron a cabo en estas tres localizaciones y fueron respondidas un total de 350 encuestas.

Se seleccionaron obras de construcción de Ferrocarriles Ligeros ya que este tipo de obras siguen un patrón temporal específico de actividades que se repiten. Esto significa que los residentes que hubieran experimentado un ciclo completo de vibraciones podrían ser entrevistados sin introducir sesgo en la encuesta. Mientras tanto las medidas de vibraciones del ciclo completo de la obra pudieron realizarse en otra fase del proceso.

2.2 Exposición a vibraciones

Los detalles del método específico usado para medir la exposición a vibraciones está descrito en [20]. Un método semi-empírico ha sido elegido para estimar la exposición a vibraciones debido a la naturaleza impráctica de las medidas y localizaciones. Tres acelerómetros triaxiales Guralp CMD-5TD sincronizados en el tiempo vía GPS fueron usados para medidas de vibración en diferentes localizaciones.

La estimación de la vibración interna se hizo usando la ecuación de Bornitz con las medidas para largos periodos de tiempo y las de corto periodo de tiempo. Las estimaciones fueron comparadas con las medidas internas para la validación [21].

Los valores fueron estimados para 321 de las 350 propiedades que conforman la muestra. A partir de los datos de aceleración, los Valores de Dosis de Vibración (VDV) fueron calculados. Esto se debe a que por un lado éste es el descriptor para exposición a vibraciones descrito en el estándar BS5228.2:2009 y por otro lado porque previamente se había investigado que no hay un particular beneficio de usar este descriptor sobre otros [3].

2.3 Localizaciones y encuestados

Las respuestas de las encuestas fueron recopiladas de 350 residentes en tres localizaciones distintas, *A* (161 residentes), *B* (124 residentes) y *C* (65 residentes), de los cuales 133 encuestados fueron hombres y 216 mujeres (1 no fue registrado). El rango de edades cubierto por la muestra fue de 16 a 88.

Las tres localizaciones para la realización de este estudio estaban cerca del entorno urbano en las afueras de una gran ciudad. A pesar de que se seleccionó la misma obra de construcción (sistemas de Ferrocarriles Ligeros) para las tres localizaciones hubo algunas diferencias para dichas actividades de construcción en cada lugar. En las localizaciones *A* y *C* las obras de construcción de los railes para los Ferrocarriles Ligeros se situaban en la parte trasera de las propiedades mientras que en la localización *B* se situaba a lo largo de la carretera principal. Esto dará lugar a diferencias en los trastornos causados en las actividades cotidianas de los vecinos.

2.4 Cuestionario

Se hará una breve descripción de la encuesta, más detalles sobre la misma se puede encontrar en [22]. La encuesta fue diseñada y probada previamente siendo revisada por expertos internacionales en la investigación de molestias acústicas. La encuesta fue realizada cara a cara para evitar cualquier sesgo de autoselección asociado con los cuestionarios postales. Solo una persona por hogar fue entrevistada, específicamente la persona que abrió la puerta a menos que fuera un niño menor de 16 años de edad.

Para evitar el sesgo de la vibración se introdujo el cuestionario como una encuesta de satisfacción del vecindario. Así, las primeras secciones de la encuesta estaban relacionadas con la satisfacción tanto del vecindario como de sus hogares. Con respecto a la molestia, las respuestas se caracterizaron por el nivel de molestia reportado en una escala semántica de cinco puntos. Dentro de la sección de vibraciones relacionadas con la construcción fueron referidas como: “*Actividades de la construcción, incluyendo demolición, obras viales, perforación, actividades superficiales como excavadoras y camiones de carga y cualquier otra actividad de la construcción*”. La pregunta sobre la molestia debida a vibraciones fue: “*Teniendo en cuenta los últimos (12 meses), indique usted cuanto le molesta o perturba el ruido o las vibraciones producidos por obras de construcción cuando se encuentra en su casa: absolutamente ninguna molestia (1), ligeramente (2), medianamente (3), muy molesto (4) o extremadamente molesto (5)*”? Las relaciones exposición-respuesta son típicamente descritas como porcentaje de gente altamente molesta (% Altamente Molesto) las cuales incluyen las categorías de muy y extremadamente en la escala de cinco puntos [23]. Más información acerca del cuestionario puede ser encontrada en [24].

2.5 Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS (IBM SPSS Statistics v.20) para archivar y analizar los datos de la encuesta. Siguiendo el trabajo desarrollado en [19, 25] se utilizó una regresión logística ordinal para modelar los datos y obtener la estimación de parámetros para cada umbral de molestia (*absolutamente ninguna molestia, ligeramente, medianamente, muy molesto o extremadamente molesto*). Poniendo estos parámetros en la ecuación 1 indica la probabilidad de tener una respuesta igual o mayor que j .

$$P(Y \geq j | X_i - x_i) = 1 - \left(\frac{e^{\tau_j - \beta x_i}}{1 + e^{\tau_j - \beta x_i}} \right) \text{ donde } j \in [1, \dots, J - 1] \quad (1)$$

donde τ_j corresponde a la j -ésimo umbral estimado y β es un vector de estimación de parámetros para tanto la exposición a vibración como para los factores no acústicos. J es el número de categorías

de variables dependientes y X_i es un vector de variables independientes conteniendo primeramente la exposición y luego la modificación de variables. Por ejemplo, aplicando esto a la relación entre la exposición a vibración, conciencia sobre el daño a la propiedad y la molestia, τ_j sería el umbral de molestia, β podría ser un vector con los coeficientes estimados relativos a la exposición para la molestia y la conciencia sobre el daño a la propiedad para la molestia. x_i podría ser un vector de valores de exposición y variables modificadas para un individuo i . Mediante SPSS, dos variables se han incluido adicionalmente en cada análisis, la exposición y uno de los factores no acústicos.

A través de la regresión logística ordinal el supuesto de probabilidades proporcionales se hace implícitamente. La validación de este supuesto fue comprobado a través del test de líneas paralelas. Se utilizaron los valores Cox & Snell $R^2_{\text{pseud}} y Nagelkerke R^2_{pseud} . En regresión lineal R^2 describe la proporción de varianza de variables independientes que es descrita por la variable predicha, sin embargo esto no es lo mismo para una regresión logística. En vez de esto solamente la mejora relativa del modelo es cuantificada sobre otra variable empleando los valores R^2_{pseud} .$

3 Resultados y discusión

3.1 Molestia – exposición

Una regresión ordinal logística se utilizó para obtener el modelo de relación entre la exposición, $\log_{10} \text{VDV}_{m,24h}$ ($\text{m/s}^{1.75}$), y molestia debida a la construcción. Esto establece un punto de referencia con el que comparar la inclusión de otros factores. Fig. 1 muestra la proporción de gente quién contestó que estaba altamente molesto (AM), molesto o poco molesto en respuesta a las vibraciones procedentes de la construcción. También se puede observar en el gráfico intervalos del 95% de confianza. El valor Cox & Snell R^2_{pseud} es aproximadamente 0.17 y el Nagelkerke R^2 es de 0.178.

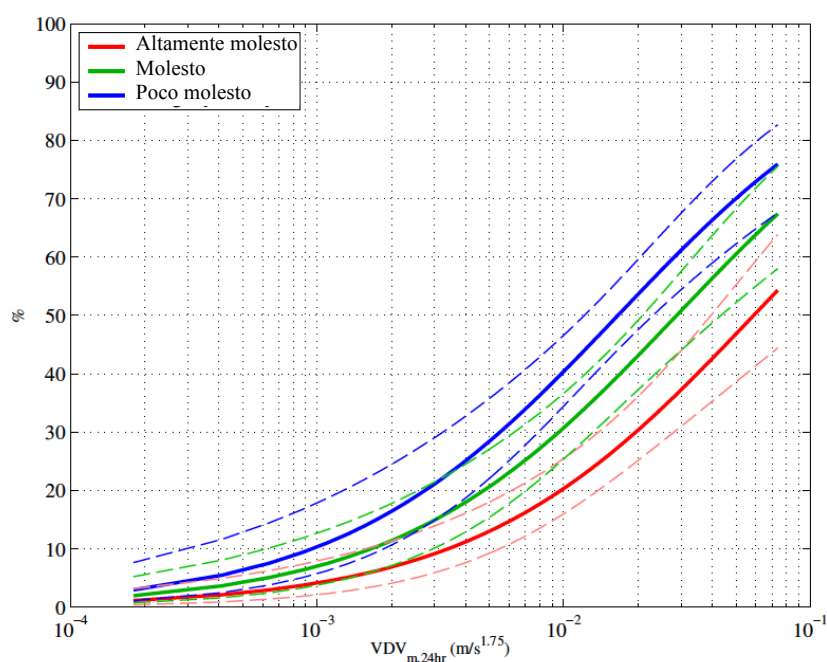


Figura 1 – Curvas de exposición-respuesta mostrando la proporción de gente que están altamente molestas por vibración. La línea punteada representan el 95% del intervalo de confianza.

3.2 Sensibilidad a la vibración

Una regresión ordinal logística fue desarrollada para la predicción de la molestia relacionada con la propia sensibilidad a la vibración de los encuestados siendo las variables predichas. La Fig. 2 muestra las curvas de exposición-respuesta a partir del análisis para la sensibilidad propia a la vibración siendo poco sensible, sensible o altamente sensible. El coeficiente Cox & Snell $R^2_{\text{pseud}} mejoró (0.316)$ cuando la sensibilidad fue incluida en el modelo comparado con la exposición sola (0.165). Para determinar si hay interacción entre la sensibilidad y la exposición, la moderación fue comprobada para el término de interacción (exposición vs sensibilidad) y no hubo una interacción significativa ($p=0.501$).

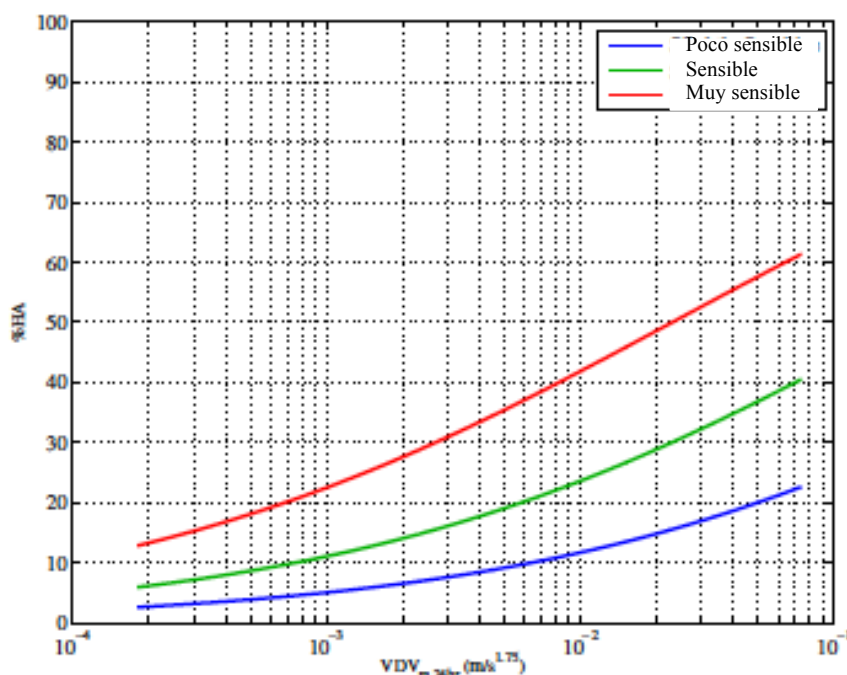


Figura 2 – Relación exposición-respuesta mostrando la proporción de gente que reportó “Alta molestia” (%HA) a una exposición de vibración dada ($VDV_{m,24h}$) considerando la autosensibilidad reportada a la vibración. “Muy sensible” (azul) y “Ligeramente sensible” (rojo) a la vibración. $N=250$. Los datos de vibración son ponderados ‘m’.

3.3 Concienciación sobre el daño a la propiedad

Para este análisis igualmente se empleó una regresión logística ordinal usando tanto la exposición ($\log_{10} VDV_{m,24h}$) y la conciencia sobre el daño a la propiedad como variable predicha para la molestia. Se excluyeron 29 casos ya que no se disponían de datos relativos a la exposición a vibraciones y a aquellos encuestados que respondieron que no sentían vibraciones y por tanto obtuvieron un ‘0’ de puntuación asignándose posteriormente un ‘1’ correspondiente a ‘no hay concienciación sobre el daño a la propiedad’.

La Fig. 3 representa las curvas de dosis-respuesta para la molestia relacionada con las vibraciones procedentes de obras de construcción controladas para diferentes niveles de concienciación sobre el daño a la propiedad. Tanto en la gráfica como en la tabla los valores mostrados son para la proporción de entrevistados que respondieron una Alta Molestia (%AM). Incluyendo la concienciación del daño

como variable se incrementa el valor del coeficiente Cox & Snell $R^2_{\text{pseud}} de 0.165 considerando únicamente la exposición hasta 0.471.$

Se llevó a cabo un test de Sobel para determinar si la mediación parcial fue significativa y el p -value de este test fue menor a 0.001. La importancia del efecto de k^2 , entre los límites 0 y 1, fue también calculado en SPSS resultando un valor de $k^2=0.211$ (IC [0.15 0.30] indicando dicha importancia [26].

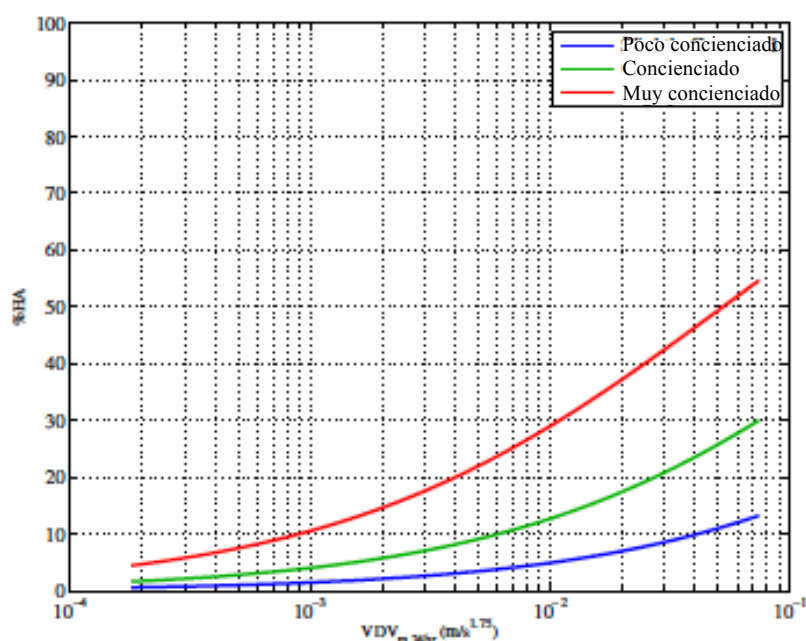


Figura 3 – Curvas de exposición-respuesta mostrando la proporción de gente encuestada con “Alta conciencia”, “conciencia” y “moderada conciencia” del daño a la propiedad debido a vibraciones en construcción para una exposición a vibración dada ($VDV_{m,24h}$). Las líneas punteadas corresponden a 95% del intervalo de confianza. $N=321$. Los datos de vibración son ponderados ‘ m ’.

3.4 Expectativas futuras del nivel de vibraciones

En trabajos previos se encontró que este era un factor importante [27]. La moderación fue comprobada a través de la interacción de la exposición vs expectativas pero no se encontraron diferencias significativas ($p=0.282$). A partir de este análisis está claro que hay un pequeño incremento en la molestia para los encuestados que respondieron que el nivel de vibración empeorara en un futuro.

3.5 Propiedad del inmueble

El análisis de los datos sobre la propiedad comenzaron observando la relación exposición-respuesta cuando la exposición y propiedad son usados como variables predichas. Evidentemente aquellos que son propietarios, o tienen hipotecadas sus viviendas reportaron ser más molestos por las vibraciones que los que estaban en alquiler. A partir del análisis inicial multivariable, aparentemente había una conexión potencial entre la propiedad y la conciencia. Se utilizó una regresión logística ordinal para encontrar la relación entre la propiedad del inmueble y la conciencia sobre el daño. Aquellos que son propietarios o tienen hipotecadas sus viviendas son más conscientes sobre el daño a la propiedad debida a vibraciones que los que viven de alquiler. El coeficiente Cox & Snell $R^2_{\text{pseud}} se incremento$

de 0.112 para el modelo de exposición únicamente hasta 0.193 cuando la propiedad del inmueble fue incluido.

Como ya se ha demostrado una ampliada conciencia sobre el daño intercede en la relación entre la vibración y la molestia. El sentido de la propiedad del inmueble podría también moderar la relación y fue comprobado en SPSS usando PROCESS. A partir de esto, una diferencia significativa $p=0.656$ para la interacción exposición vs propiedad sugiriendo que no había moderación significativa. La mediación fue comprobada manualmente ya que PROCESS no permite manejar variables dicotómicas como mediadores. A partir del test de mediación, se encontró que mientras todos los coeficientes fueron significativos ($p>0.1$), el camino indirecto fue más pequeño que el camino directo ($c-c'=0.56$) y el test de Sobel logró un $p=0.066$. Esto sugiere que la propiedad también media la relación entre las vibraciones por obras de construcción y la molestia.

La mediación de la propiedad en la relación exposición-conciencia fue también comprobada. Se encontró que los coeficientes eran significativamente mejor que $p=0.1$; la diferencia entre los caminos directos e indirectos ($c-c'$) fue 0.11 y el test de Sobel p -value fue 0.042 para la mediación. Esto implica que la propiedad ciertamente interviene en la relación entre la exposición y la conciencia. De este modo, se encontró que la propiedad media la respuesta de la molestia, lo que podría ser en parte debido a que la propiedad influencia a la conciencia en el daño a la propiedad lo cual interviene en la relación entre la exposición y la molestia.

4 Conclusiones

Se han investigado un amplio rango de factores no acústicos con el objetivo de determinar su influencia sobre la molestia en los residentes próximos a obras de construcción de Ferrocarriles Ligeros. Particularmente se han estudiado factores actitudinales como *la sensibilidad a vibraciones, la concienciación sobre el daño, expectativas futuras sobre el nivel de vibración y la propiedad del inmueble*.

Se ha encontrado que *la conciencia sobre el daño a la propiedad* tiene una gran influencia siendo el factor actitudinal con mayor influencia aumentando la probabilidad de sentir molestia. *La conciencia* también parece mediar sobre la relación dosis-respuesta. A través del estudio de mediación se demostró que había un efecto indirecto de las vibraciones sobre la molestia a través de la *concienciación del daño a la propiedad*.

Además se encontró que *la propiedad del inmueble* aumentaba la preocupación de los encuestados por el nivel de vibraciones. *La sensibilidad a vibraciones* se encontró que fue un factor más significativo que *las expectativas futuras sobre el nivel de vibración*.

Agradecimientos

Esta investigación fue co-financiada por el Departamento de Asuntos Medioambientales y Rurales (Defra) de Reino Unido a través de un proyecto NANR209 y la Fundación MAPFRE.



Referencias

- [1] Klæboe, R., E. Ohrstrom, I.H. Turunen-Rise, H. Bendtsen, and H. Nykanen, Vibration in dwellings from road and rail traffic - Part III: towards a common methodology for socio-vibrational surveys. *Applied Acoustics*, 64, 1, 2003, 111-120.
- [2] Sharp, C., J. Woodcock, G. Sica, E. Peris, A.T. Moorhouse, and D.C. Waddington, Exposure-response relationships for annoyance due to freight and passenger railway vibration exposure in residential environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 135, 1, 2014, 205-212.
- [3] Waddington, D.C., J. Woodcock, E. Peris, J. Condie, G. Sica, A.T. Moorhouse, and A. Steele, Human response to vibration in residential environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 135, 1, 2014, 182-193.
- [4] Guski, R., U. Felscher-Suhr, and R. Schuemer, The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration*, 223, 4, 1999, 513-527.
- [5] Woodroof, H. and M.J. Griffin, *Survey of the effect of railway-induced building vibration on the community*. 1987.
- [6] Zapfe, J.A., H. Saurenman, and S. Fidell, *Ground-borne noise and vibration in buildings caused by rail transit*. 2009.
- [7] Fields, J.M. and J.G. Walker, The response to railway noise in residential areas in Great Britain. *Journal of Sound and Vibration*, 85, 2, 1982, 177-255.
- [8] Schomer, P.D. and R.D. Neathammer, The role of helicopter noise-induced vibration and rattle in human response. *Journal of the Acoustical Society of America*, 81, 4, 1987, 966-976.
- [9] Schomer, P., V. Mestre, S. Fidell, B. Berry, T. Gjestland, M. Vallet, and T. Reid, Role of community tolerance level (CTL) in predicting the prevalence of the annoyance of road and rail noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131, 4, 2012, 2772-2786.
- [10] Gidlöf-Gunnarsson, A., M. Ögren, T. Jerson, and E. Öhrström, Railway noise annoyance and the importance of number of trains, ground vibration, and building situational factors. *Noise and Health*, 14, 59, 2012, 190-201.
- [11] Woodruff H.J. and Griffin M.J., A survey of the effect of railway-induced building vibration on the community. *Institute of Sound and Vibration Research Technical Report, UK*, 1987.
- [12] Klæboe, R. and A. Fyhri, People's reactions to vibrations in dwellings from road and rail. *Institute of transport economic, Oslo, Norway*, 1999.
- [13] Öhrström, E. and A.B. Skånberg, A field survey on effects of exposure to noise and vibration from railway traffic, part I: Annoyance and activity disturbance effects. *Journal of Sound and Vibration*, 193, 1, 1996, 39-47.
- [14] Woodcock, J.e.a., *Human response to vibration in residential environments (nanr209), technical report 6: Determination of exposure-response relationships*. 2012.
- [15] Howarth, H.V.C. and M.J. Griffin, The annoyance caused by simultaneous noise and vibration from railways. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89, 5, 1991, 2317-2323.
- [16] Yonekawa, Y., Evaluation of bullet train vibration for residents near railways. *Industrial Health*, 15, 1-2, 1977, 23-32.
- [17] Woodcock, J., C. Sharp, G. Sica, E. Peris, A.T. Moor-House, and D.C. Waddington. Human response to vibration from passenger and freight railway traffic in residential environments. *19th International Congress on Sound and Vibration 2012, ICSV 2012*. 2012
- [18] Fields, J.M., Railway noise and vibration annoyance in residential areas. *Journal of Sound and Vibration*, 66, 3, 1979, 445-458.
- [19] Peris, E., J. Woodcock, G. Sica, C. Sharp, A.T. Moorhouse, and D.C. Waddington, Effect of situational, attitudinal and demographic factors on railway vibration annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 135, 1, 2014, 194-204.



- [20] Sica, G., E. Peris, J.S. Woodcock, A.T. Moorhouse, and D.C. Waddington, Design of measurement methodology for the evaluation of human exposure to vibration in residential environments. *Science of the Total Environment*, 482, 2014, 461-471.
- [21] Woods, R.D., *Dynamic effects of pile installations on adjacent structures*, ed. T.R. Board. Vol. 253. 1997,
- [22] Whittle, N., E. Peris, J. Condie, J. Woodcock, P. Brown, A.T. Moorhouse, D.C. Waddington, and A. Steele, Development of a social survey for the study of vibration annoyance in residential environments: Good practice guidance. *Applied Acoustics*, 87, 2015, 83-93.
- [23] Fields, J.M., R.G. De Jong, T. Gjestland, I.H. Flindell, R.F.S. Job, S. Kurra, P. Lercher, M. Vallet, T. Yano, R. Guski, U. Felscher-Suhr, and R. Schumer, Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242, 4, 2001, 641-679.
- [24] Wong-McSweeney, D., J. Woodcock, D. Waddington, E. Peris, and M. Redel-Macias, D., Effect of Attitudinal, Situation and Demographic Factors on Annoyance due to Environmental Vibration from Construction of a Light Rapid Transit System. *Submitted to Int J Environ Res Public Heal*, 2016.
- [25] Klæboe, R., I.H. Turunen-Rise, L. Hårvik, and C. Madshus, Vibration in dwellings from road and rail traffic - Part II: Exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models. *Applied Acoustics*, 64, 1, 2003, 89-109.
- [26] Field, A., *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics: And Sex, Drugs and Rock 'n' Roll*, ed. 4th ed. Introducing Statistical Methods Series. SAGE Publications. 2013,
- [27] Peris, E., *Human Response to Railway Vibration in Residential Environments: Exposure-Response Relationships and Modifying Factors.*, in *Acoustics Research Centre*. 2012, University of Salford,.