

# ¿Está compensado el sobrecoste de una mejor insonorización? Una evaluación para el mercado residencial barcelonés

José Manuel ROMO OROZCO (1) & Carlos MARMOLEJO DUARTE (2, 3) & Francesc DAUMAL I DOMÈNECH (2)

(1) UAMZM de la UASLP & (2) Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la ETSAB de la UPC & (3) Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la UPC.

**RESUMEN:** En España, la última década se caracterizó por la aparición de una legislación conducente a mejorar la calidad acústica de los espacios habitables. Esta política es la respuesta a la emergencia de una cultura del confort acústico y un reconocimiento de los perjuicios del ruido ambiental. En el ámbito de la edificación se ha apostado, a través del DB-HR del CTE, por una mayor exigencia del nivel de aislamiento. En este artículo se investiga hasta qué punto el sobrecoste de construcción, asociado al cambio normativo, queda compensado por la disposición a pagar por las viviendas mejor insonorizadas. Mediante el uso de la valoración contingente y de una novedosa auralización, se ha resuelto el reto que supone la valoración de un bien público e intangible como el silencio. Los resultados, para el mercado de nueva planta de vivienda plurifamiliar en Barcelona, sugieren que los usuarios potenciales están dispuestos a pagar por la mejora, a tal grado que el sobrevalor compensa, e incluso supera, al sobrecoste de producción. En definitiva, los promotores de vivienda libre podrían ver incrementada la rentabilidad de sus inversiones si la disposición a pagar acabase convirtiéndose en un market premium. Beneficios privados que podrían sumarse a los sociales de la reducción de la morbilidad y la mortalidad producida por los inaceptables niveles de ruido de nuestras ciudades compactas.

**DESCRITORES:** Control del ruido. Valoración contingente. Modelos logísticos.

## 1. Introducción

En relación a otras fuentes de contaminación, el ruido ha ocupado históricamente una posición secundaria. Quizá porque se ha asumido que está aparejado a la realización de muchas actividades cotidianas, como la movilidad, y por ende es el coste que se ha de pagar en aras de acceder a los beneficios del progreso. La relación entre el ruido y la ciudad es especialmente compleja en las llamadas «ciudades compactas», en donde las inmisiones acústicas provienen no sólo del transporte, sino también de la mezcla de usos del suelo y la relativamente alta densidad (MARMOLEJO & GONZÁLEZ, 2010). De esta forma, dichas ciudades son el escenario por excelencia de la aparición de estos fallos de mercado. En efecto, la existencia de externalidades deja sin respuesta a los costes sociales producidos tanto por actividades realizadas en el espacio público (p.e. el transporte) como privado (p.e. bares), y que inciden negativamente en nuestra calidad de vida, tanto en los espacios públicos como en los privados.

Ante este panorama, de forma progresiva se ha reconocido que dichas interferencias se traducen en problemas de falta de descanso y salud, e incluso tienen una dimensión económica asociada a una reducción de la productividad. De esta forma, se ha ido forjando una cultura del confort acústico derivado del malestar social y de una mayor conciencia y conocimiento científico de los problemas que el ruido causa sobre la salud pública y la economía (GARCÍA & GARRIDO, 2003; MARTIM-PORTUGUÉS & *al.*, 2003; DAUMAL & DE GORTARI, 2006).

Así, en países como España se ha reconocido progresivamente, a iniciativa de directivas europeas (2002/49/CE), el derecho a un ambiente acústico adecuado (IGLESIA, 2005). En la práctica la legislación (p.e. Ley del Ruido 37/2003 desarrollada por el RD 1513/2005) ha apostado por la regulación de las actividades y sus horarios, así como la penalización a las fuentes emisoras. Aunque también se ha avanzado hacia la regulación de las prestaciones técnicas de las edificaciones. En este contexto la vivienda, como elemento primigenio de protección, ha incrementado sus prestaciones acústicas ante un incremento de las inmisiones sonoras ambientales. De forma que, en el año 2007 se introdujo el Documento Básico de Habitabilidad de Ruido (DB HR, RD 1371/2007) en el marco

del Código Técnico de la Edificación (CTE). Dicho cambio normativo vino a modificar los sistemas y procedimientos constructivos que se venían utilizando de manera convencional con el fin de alcanzar niveles de aislamiento acústico más restrictivos. Sin lugar a dudas dichos cambios implican un sobrecoste de edificación como lo han demostrado estudios de factibilidad realizados con anterioridad (AFELMA, 2008; DOMÍNGUEZ & FRÍAS, 2006).

Empero ¿queda compensado el sobrecoste de producción por un sobrevalor? Es decir, ¿existe una apreciación por las viviendas mejor insonorizadas que haga que las personas estén dispuestas a pagar más por ellas?

El objetivo de esta investigación es evaluar hasta qué punto los sobrecostes de producción derivados del cambio normativo en materia de habitabilidad acústica quedan compensados por un sobrevalor derivado de una mayor protección contra el ruido ambiental.

Si bien la cuantificación de los sobrecostes es una tarea relativamente sencilla, la valoración del beneficio derivado de una mejor calidad sónica no lo es por tres razones:

1. En primer lugar, porque el paisaje acústico es un bien público, es decir tiene características de no exclusión (todos se ven afectados como externalidad que es) y no rivalidad (aproximadamente en la misma proporción). A efectos prácticos esto supone la inexistencia de un mercado específico del silencio, y la inhabilitación de los métodos convencionales de valoración (p.e. comparación).
2. En segundo lugar, porque la entrada en vigor del DB-HR coincidió con la recesión económica y por ende con la paralización del sector residencial de nueva planta, de forma que el número de viviendas aisladas según la nueva normativa es marginal. Lo cual tiene dos consecuencias:
  - a) Casi nadie está familiarizado con las mejores prestaciones acústicas.
  - b) No existe un mercado de viviendas mejor insonorizadas en donde extraer el precio implícito de esa mejora a través de métodos econométricos.

Prácticamente la mejora acústica es desconocida, como lo son sus implicaciones en los precios inmobiliarios, máxime cuando la producción residencial que ha permanecido se restringe fundamentalmente al ámbito de la vivienda de pro-

- tección oficial, cuyos precios no son de mercado.
- Finalmente, porque si bien los ciudadanos están habituados al ruido, resulta difícil poder apreciar cambios medidos en las unidades técnicas contempladas en la normativa (dB) como las relacionadas con su intensidad.

Para analizar y valorar los efectos del ruido urbano, además de los planteamientos psicosociales y de los análisis cuantitativos basados en encuestas, existen otras estrategias que tienen en cuenta el entorno en el que se produce el sonido (estudios *in situ*), como en el caso de la aplicación de las redes neuronales, o que valoran el ambiente acústico con todas sus componentes. En esta investigación, teniendo en consideración el contexto, se utiliza la valoración contingente (VC) como vía para el cálculo del eventual sobrevalor de las viviendas mejor insonorizadas. En dicho método se recrea un mercado virtual, que en este caso es el control del ruido en las viviendas introducido por el cambio normativo, y a través de encuestas, se extrae la disposición a pagar (DAP) de una muestra significativa de la demanda potencial (RIERA, 1994). De esta forma, la VC permite solventar el escollo que significa la inexistencia de un mercado explícito de los beneficios del aislamiento acústico, y la aún inexistencia de un mercado residencial de donde deducir el sobrevalor de un mejor aislamiento a través de métodos como el de precios hedónicos. Además, para solventar el tercer problema se ha acudido a una auralización fruto de una grabación tratada por métodos informáticos. Este medio permitió que los encuestados experimentasen, para una vivienda y localización típica, la mejora de aislamiento que supone pasar de la antigua normativa a las exigencias del DB-HR. Esta última contribución es la principal aportación metodológica de nuestro trabajo y la que lo diferencia substancialmente de otras valoraciones contingentes del ruido realizadas en nuestro país.

El resto del artículo se estructura así: primero se presenta el caso de estudio, la metodología (con un breve estado del arte) y las fuentes de información, a continuación, se presentan los resultados, distinguiendo los referidos al sobrecoste de aquellos relativos a la disposición a pagar; finalmente, en las conclusiones los principales hallazgos son puestos en perspectiva.

<sup>1</sup> Especialmente en la época inmediatamente anterior al inicio de las actuaciones derivadas de la transposición de la

## 2. Caso de estudio, metodología para la valoración del silencio y fuentes de información

El caso de estudio lo compone la vivienda nueva plurifamiliar de la ciudad de Barcelona, cuyas características, como ciudad compacta, la sitúan<sup>1</sup> en la problemática discutida en la introducción (GARCIA & GARRIDO, 2003). En particular, se ha elegido el submercado de alquiler debido a que no se ha considerado prudente evaluar la disposición a pagar por la compra de la vivienda en un contexto marcadamente deflacionista, y en donde las condiciones macroeconómicas como crediticias han trasvasado las transacciones inmobiliarias desde la compraventa al alquiler.

Para evaluar el eventual sobrevalor se eligió el método de Valoración Contingente (VC). Esta técnica pertenece a la familia de los métodos de valoración basados en las preferencias declaradas, y en ella se pregunta a los posibles afectados de un cambio en la calidad ambiental de un bien específico por su disposición a pagar (o a ser compensado) por aceptar dicho cambio (MITCHELL & CARSON, 1989). Así, resulta innecesario diferenciar dicho cambio de otras variables con las que puede estar correlacionado, eliminando con ello una de las principales dificultades metodológicas que presentan otras técnicas de valoración, como sucede con los precios hedónicos, en donde se deben acudir a modelos econométricos para aislar el impacto de cada una de las variables que inciden en los precios. Tanto en el plano teórico como en el práctico se ha defendido la validez de los resultados de la VC para la determinación de la variación equivalente y compensatoria de los cambios en el nivel de bienestar de las personas derivados de cambios en la calidad ambiental (como la reducción de las inmisiones sónicas). Así, el informe de la National Oceanic and Atmospheric Administration (1993) ha despejado el escepticismo que deriva del hecho que el método se base en encuestas sobre cambios hipotéticos.

En nuestro país el uso de la VC en la valoración económico social del ruido ambiental tiene cierta tradición: RIERA & MACIAN (1999) lo usaron para evaluar el impacto que podría producir la ampliación del aeropuerto del Prat (Barcelona) cuando aún se trataba de un proyecto; BARRERIRO & *al.* (2005) lo utilizaron para evaluar la DAP por una reducción de la con-

Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

taminación acústica ambiental en Pamplona, como también lo hiciera MARMOLEJO & FRIZZERA (2008) para la ciudad de Barcelona. MARMOLEJO & ROMANO (2009) dieron un paso adelante para explicar que detrás de la DAP, en el caso del entorno residencial del Aeropuerto del Prat (Barcelona), subyacen elementos objetivos (cercanía a las rutas aeronáuticas de aproximación y despegue), residenciales (diferentes niveles de exposición según la tipología de la vivienda), subjetivos (molestias diferenciales producidos por el ruido de los motores), socioeconómicos (nivel de formación y renta), e interesantemente, redes sociales (conformación de plataformas vecinales contra el ruido aeroportuario con intereses divergentes). En la literatura internacional, el valor del silencio, se ha calculado fundamentalmente por la vía del reflejo del ruido ambiental sobre los precios inmobiliarios a través del ya citado método de precios hedónicos (MARMOLEJO & GONZÁLEZ, 2009).

Sin embargo, hasta donde sabemos, la VC no se ha aplicado nunca a la evaluación económica de la eventual sobre disposición a pagar por las mejoras en las prestaciones acústicas producidas por el cambio normativo introducido por el DB-HR, y de aquí la pertinencia de nuestro estudio.

Uno de los principales problemas de la VC es lograr que las personas que participan en la encuesta comprendan plenamente el cambio valorado (BOYLE, 2003; JENNINGS & CAIN, 2013). Este problema es especialmente relevante cuando se trata del silencio, no sólo por su naturaleza intrínsecamente subjetiva que depende de aspectos demográficos, culturales y socioeconómicos (DAUMAL, 2002), sino porque al tratarse de un bien intangible es difícil transmitir su magnitud a través de descripciones orales, a lo que se debe sumar que la población no está habituada a las unidades técnicas de mensuración acústica contempladas en la legislación. Para salvar este escollo, los investigadores han acudido a rememorar paisajes sónicos conocidos por los encuestados. Por ejemplo, BARREIRO & *al.* (*Op. cit.*), así como MARMOLEJO & FRIZZERA (2008), han mensurado el cambio acústico como la diferencia sónica característica de un día laboral en un horario pico al paisaje acústico propio de un domingo en horario de mínima activi-

dad. En cambio, MARMOLEJO & ROMANO (*Op. cit.*) han encuestado únicamente a las personas que vivían en el entorno residencial del aeropuerto del Prat antes y después de que se hubiesen reconfigurado las rutas de aproximación y despegue fruto de la construcción de la nueva pista de aterrizaje, y por tanto que eran conscientes del cambio acústico valorado. Sin embargo, cabe reconocer que dichas aproximaciones son imprecisas y dependen no sólo de la memoria acústica de cada una de las personas participantes, sino también de las divergencias en sus experiencias sónicas particulares. Por esta razón, en esta investigación hemos dado un paso adelante, acompañando a la información verbal que describe el cambio (una mejora de la insonorización) con una simulación acústica de dos viviendas que se encuentran sometidas al mismo ruido aéreo exterior y que sólo difieren en su nivel de aislamiento: la primera cumple con los parámetros establecidos por la Norma Básica de la Edificación, Condiciones Acústicas (NBE-CA-88), que fue la norma de diseño acústico vigente hasta el año 2007, mientras que la segunda cumple con las exigencias del DB-HR del CTE. De esta manera se han «materializado» conceptos técnicos e intangibles que no son habituales para la mayoría de la población.

A partir de considerar las diferencias técnicas entre las viviendas mencionadas, y empleando una auralización realizada por una empresa especializada en certificación acústica, se simuló las diferencias en las inmisiones acústicas<sup>2</sup>; de esta forma, con el uso de auriculares circumaurales, los encuestados pudieron escuchar dos pistas de audio y apreciar las diferencias en la insonorización. Con el objeto de evaluar hasta qué punto el uso de la auralización condiciona los resultados de la DAP, se diseñó un grupo de control. A dicho grupo no se le ofreció la simulación acústica, en su lugar se le describió el cambio como: «la reducción sónica que experimentaría al interior de una vivienda pasando de un horario diurno a otro nocturno de un mismo día laboral». Este cambio es, de acuerdo con los valores del mapa acústico de la ciudad de Barcelona, grosso modo parecido en términos de dB a la mejora de aislamiento ilustrada en la auralización.

De esta manera, entre mayo y junio del año 2012, se aplicaron 238 encuestas (válidas)

<sup>2</sup> En concreto, el procedimiento consistió en realizar una grabación a la altura de una vivienda plurifamiliar típica en un horario punta en una zona residencial característica de Barcelona. En dicha grabación se aprecian fundamentalmente los ruidos de los vehículos automotores, en particu-

lar las motos y un autobús. Luego, mediante una modulación por bandas de frecuencias, se ha introducido el impacto en la insonorización que producirían los sistemas constructivos y materiales que harían cumplir la normativa en uno y otro caso.

presenciales con auralización y 68 sin ella (grupo de control). Las encuestas se realizaron a personas mayores de edad, que representaron una muestra estratificada de la población, en el entorno urbano en el cual se han construido más viviendas recientemente. La encuesta tiene tres partes:

1. La primera intenta hacer que los encuestados recuerden las experiencias vivenciales en relación al ruido cuando están dentro de su vivienda.
2. La segunda constituye propiamente dicho el ejercicio de valoración.
3. La tercera captura características socioeconómicas y demográficas de los encuestados. Sin contar con preguntas de descarte, el único motivo para interrumpir la aplicación de la encuesta fue la negativa del encuestado a escuchar las auralizaciones.

En relación a la primera parte, cabe destacar que se pidió a las personas encuestadas que declarasen si creían que el ruido era perjudicial para la salud; así como el nivel de molestia (en una escala tipo Likert) que les originaba el ruido exterior cuando estaban dentro de sus casas con las ventanas cerradas. También, se pidió que indicasen el nivel de molestia que les originaban diferentes fuentes sonoras (p.e. vehículos, bares, vecinos, etc.) estando en las mismas condiciones.

La segunda parte contiene la valoración en sí misma. En ese sentido se explicó que, mediante nuevos sistemas constructivos, se podría modificar el nivel de aislamiento de la vivienda, y de esa forma reducir el ruido exterior que se percibe dentro de ella. Se aclaró que se trataba de dos pisos nuevos exactamente iguales que únicamente diferían en su nivel de aislamiento acústico, y posteriormente se ofreció el cambio valorado a través de las auralizaciones ya comentadas (excepto en el grupo de control). A continuación, se preguntó si se estaba dispuesto a pagar *más* por el alquiler mensual del piso. Para distinguir los ceros verdaderos (apreciación económica nula del incremento de aislamiento), de las respuestas de protesta (por ejemplo excesivo valor de partida de la vivienda, o incredulidad de la eficiencia del sistema de reducción de ruido propuesto), se pidió a los encuestados que no mostraban DAP que motivasen su respuesta.

En la tercera parte de la encuesta, además de los datos sociodemográficos, se pidió a los encuestados que indicasen el régimen de tenencia de su actual vivienda, así como si habían,

o pensaban, realizar obras de aislamiento acústico, pidiendo incluso que las concretasen. Los datos de la primera y la tercera parte son utilizados para comprender mejor los factores que subyacen en la DAP, al tiempo que para mejorar el poder de ajuste de los modelos econométricos empleados y que se explicitan más adelante.

## 2.1. Prestaciones de la vivienda plurifamiliar típica

Previamente a efectuar la evaluación de costes y la valoración, fue necesario identificar una vivienda plurifamiliar de nueva planta que fuese *típica*, tanto en su programa de obra como en su localización, debido a que la configuración arquitectónica, así como los materiales empleados y sus ubicaciones tienen efectos sobre el nivel de inmisión experimentado hacia su interior. La ubicación de la vivienda, tanto en el contexto urbano como al interior de la edificación, condiciona el nivel de emisiones y es necesario considerar las diversas fuentes de ruido a las que se encontrará expuesta. En cuanto a las inmisiones, el diseño y las soluciones constructivas de la edificación mitigan los efectos producidos por las emisiones a las que se encuentre expuesta, de manera que el confort en cada unidad de uso de la vivienda depende tanto de la relación y clasificación de los recintos, como de la adecuada ejecución de las soluciones constructivas que se adopten para los elementos de separación vertical y horizontal.

Para definir las características de la vivienda plurifamiliar típica de nueva planta en el municipio de Barcelona se recurrió principalmente a la información recolectada por el Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Entre el 2006 y 2008 dicho centro de investigación registró, de una muestra representativa de promociones en construcción, un padrón con las principales cualidades del mercado residencial barcelonés. Esta base de datos está conformada por 825 observaciones, que a su vez se agrupan en más de 200 promociones distribuidas en los 10 distritos de la ciudad de Barcelona (Fig. 1).

A partir de esta información se identificó, a través de un análisis factorial y clúster, el programa arquitectónico de la vivienda típica y sus elementos constructivos, que por su origen cumplen con la exigencia normativa previa a la implementación del DB-HR. Así, en el periodo estudiado, la vivienda típica

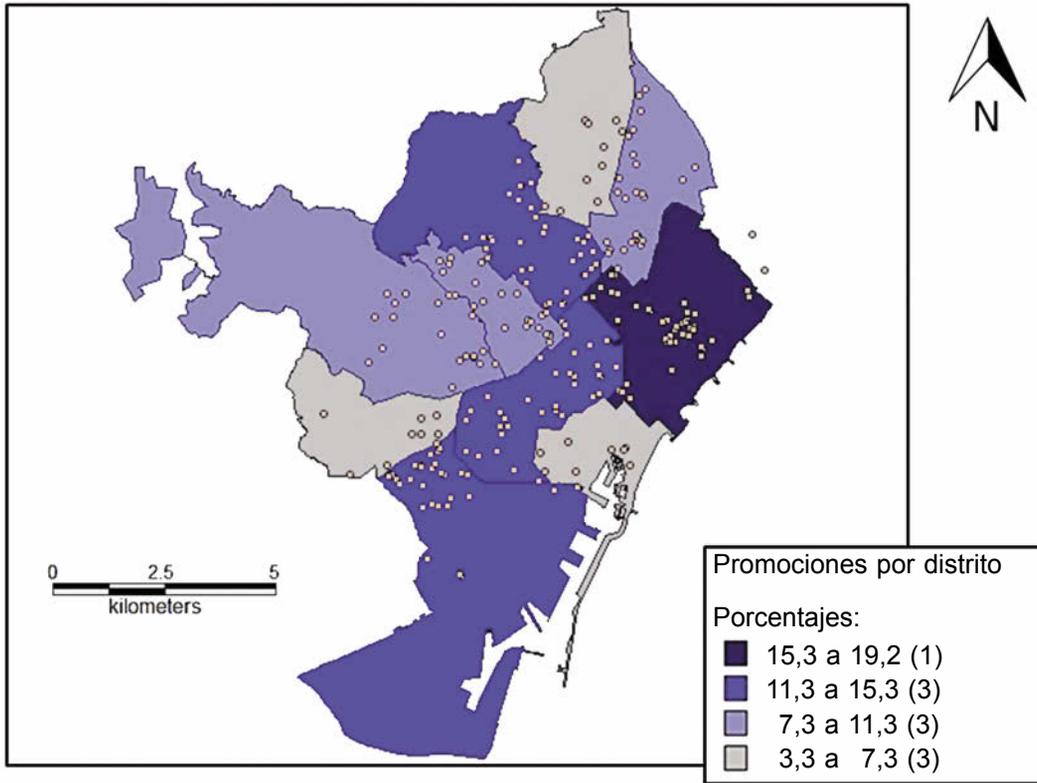


FIG. 1/ Promociones por distrito

Fuente: Elaboración propia.

en Barcelona tiene una superficie de 80 m<sup>2</sup>, cuentan al menos con una estancia y un par de dormitorios, mientras que la fachada es de obra vista; la tipología urbana es entre medianeras y arquitectónica pasante. Adicionalmente, para determinar el ruido exterior al que se encuentran sometidas las viviendas de nueva planta en Barcelona, se procedió a geoposicionar cada una de las viviendas, y una vez identificadas, se analizó en mapa acústico del año 2007, llegando a la conclusión de que el nivel de ruido aéreo característico es de 67 dBA (L<sub>d</sub>).

Una vez identificada la vivienda típica, se revisó que los elementos constructivos cumplieran con el aislamiento exigido antes de la implementación del DB-HR, y se rediseñaron para satisfacer lo estipulado en él. El análisis se focalizó en la fachada pues se consideró que es la principal vía de inmisiones exteriores, fundamentalmente provenientes de vehículos automotores, según se pudo conocer de la propia encuesta. Este estudio, además de permitir estimar el sobrecoste por aislamiento, proporcionó la información técnica para reali-

zar las auralizaciones presentadas a los encuestados. Finalmente, el coste de fabricación de cada elemento se obtuvo, a su vez, del generador de precios de CYPECAD, actualizado a diciembre de 2011.

## 2.2. Formato de licitación de la pregunta de valoración

Un aspecto relevante en la implementación de todo ejercicio de valoración contingente es la forma en que se pregunta a los participantes el valor que dan al bien, lo que es conocido como *formato de licitación*. Un formato sencillo de utilizar es el de licitación abierta, en donde las personas emiten, sin ninguna orientación, el valor que consideran apropiado para el bien. Este formato tiene dos inconvenientes: por un lado, genera un número importante de negativas a expresar la disposición a pagar; y por otro, produce valores dispersos que se traducen en estimaciones inadecuadas. Por las razones anteriores, en la literatura especializada, se han implementado otros formatos de tipo cerrado. En los formatos cerrados es común

presentar una cantidad (o cantidades) y preguntar a los encuestados si estarían dispuestos a pagar dicha cantidad. La principal ventaja de los formatos cerrados es que, al proporcionar pistas a los encuestados sobre el posible valor, se facilita la toma de decisiones (lo pago o no), tal como ocurre en los mercados reales en donde los bienes y servicios tienen un precio determinado y la demanda decide pagar el precio por beneficiarse de ellos o no. Asimismo, se produce una estimación más precisa, aunque se requiere un mayor procesamiento econométrico.

En esta investigación se ha empleado el formato «delimitado una vez y media» (OOHB en sus siglas inglesas) propuesto por COOPER & al. (2001). En este formato de licitación se informa previamente a los encuestados de los límites dentro de los cuales se encuentra el valor buscado, conocidos como oferta mínima y máxima. En nuestro caso, dichos límites se asociaron a los costes de producción necesarios para proporcionar la mejora ofrecida (cambio en el nivel de bienestar). A continuación se elige uno de ellos como valor para obtener la DAP; si se elige como precio de salida la oferta máxima y el encuestado dice no estar dispuesto a pagarlo, se le pregunta si estaría dispuesto a pagar la oferta mínima. Del mismo modo, si el valor de salida es la oferta mínima y el encuestado responde que sí estaría dispuesto a pagarlo, entonces se le pregunta si está dispuesto a pagar la oferta máxima. En los otros dos casos el proceso de obtención se detiene cuando el precio propuesto por primera vez es el máximo y el encuestado declara estar dispuesto a pagarlo, o cuando el precio propuesto en primera instancia es el mínimo y la respuesta es negativa (ver FIG. 2). Esto quiere decir que:

- a) Si la persona encuestada se niega a pagar el precio mínimo, entonces su DAP está comprendida entre cero y dicho precio mínimo
- b) Si el encuestado acepta a pagar el precio mínimo pero no el máximo, entonces su DAP está comprendida entre el precio mínimo y el máximo
- c) Si la persona encuestada acepta pagar el precio mínimo y el máximo, entonces su DAP es mayor al precio máximo.

Como se ha dicho antes, dada la coyuntura inmobiliaria en la cual se realizó la VC, se acudió al mercado de alquiler como vía para la extracción de la DAP. Con ello se indagó la disposición a pagar (pseudo-market premium) por el alquiler de dos viviendas que, estando en la misma localización y teniendo el mismo programa arquitectónico y calidades típicas, únicamente variaban en su nivel de aislamiento, ilustrado, como se ha mencionado, mediante dos auralizaciones. Sin embargo, para poder comparar el incremento de valor de la vivienda con el sobrecoste de construcción, ha sido necesario:

1. Capitalizar financieramente la eventual sobre-DAP del alquiler, considerando la vida útil (100 años) y la tasa de actualización normal del mercado de alquiler de nueva planta en la ciudad de Barcelona (4,46% anual), para poderlo comparar con el sobrecoste de producción. O bien hacer la operación inversa para expresar el sobrecoste de producción en términos de su amortización mensual y poderlo comparar con la sobre-DAP del alquiler.
2. Considerar que un sobrecoste de construcción lleva aparejados más gastos de

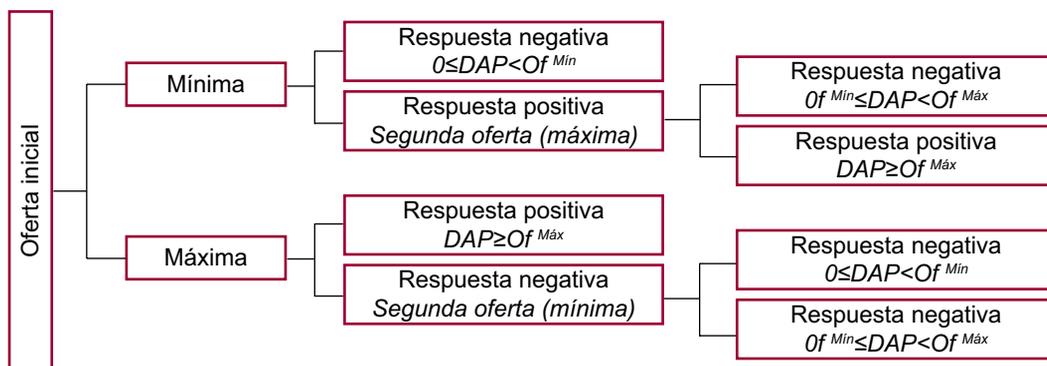


FIG. 2/ Formato de licitación OOHB

Fuente: Elaboración propia.

producción (p.e. mayores costes del ICIO) y una mayor inversión (y por ende una mayor retribución al capital) que, siguiendo lo que es habitual en el ámbito de las valoraciones en España, se han cuantificado en un 38% adicional. Por tanto el sobrecoste de producción es la suma del sobrecoste de construcción con los dos conceptos anteriores.

### 2.3. Modelado econométrico

A partir de los rangos presentados y de las respuestas obtenidas, la DAP puede ubicarse, como se ha dicho antes, de tres maneras distintas:

- a) Entre 0 y la oferta mínima.
- b) Contenida en el rango de las ofertas presentadas.
- c) En una posición mayor o igual que la oferta máxima.

La respuesta final, en estos casos, puede agruparse en dos grupos pues se discrimina entre los que muestran la disposición a pagar por el control del ruido en la vivienda y aquellos que no lo hacen, y la solución puede derivar en el uso de un modelo de elección dicotómica. HANEMANN & al. (1991) refieren que la función de distribución de la DAP toma la forma logística de dos parámetros (ver ecuación 1):

$$G(C, \theta) = [1 + e^{\alpha - \beta C}]^{-1} \quad (\text{Ec. 1})$$

Teóricamente el modelo logístico, o logit, conduce a resultados pertinentes pues con su uso se transforma la variable dependiente para garantizar que la respuesta prevista esté entre cero y uno. Para estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , generalmente mediante el método de máxima verosimilitud, se utiliza la siguiente función logarítmica (ver ecuación 2):

$$\begin{aligned} \ln L^{OOHB}(\theta) = & \sum_{i=1}^N \left\{ d_i^s \ln \left[ 1 - \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{a}x}}} \right] + \right. \\ & + d_i^{sn - ns} \ln \left[ \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{a}x}}} - \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{m}n}}} \right] + \\ & \left. + d_i^n \ln \left[ \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{m}n}}} \right] \right\} \quad (\text{Ec. 2}) \end{aligned}$$

En la expresión anterior  $\beta$  representa los coeficientes de cada variable independiente, la constante  $\alpha$  representa la probabilidad de ocurrencia de las categorías de la variable dependiente cuando todas las independientes valen 0 y «d» la respuesta que se obtiene en la pregunta de valoración. Sin embargo de este análisis no se obtiene directamente la DAP, por lo que ésta se genera a partir de la siguiente expresión (ver Ecuación 3).

$$DAP_i(x_i, \mu_i) = x_i \beta + \varepsilon_i \quad (\text{Ec. 3})$$

En donde el encuestado contestará afirmativamente cuando su DAP sea igual o mayor que la cantidad ofertada. Según OSORIO & CORREA (2009), si la variación en la utilidad es cero, el individuo mostrará indiferencia entre pagar por mejorar su nivel de bienestar habitando una vivienda que le proporciona mayor aislamiento acústico, o no hacerlo y percibir la utilidad inicial (continuar con el mismo nivel de inmisiones acústicas). Para cada persona, el valor de la DAP que logra la indiferencia entre los distintos estados de utilidad es la medida monetaria del bienestar que se alcanza con el cambio propuesto (ver Ecuación 4).

$$DAP_{\text{Media}} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (\text{Ec. 4})$$

Pero si se asume que la DAP individual se asocia a una oferta ordenada en un conjunto de alternativas, el formato OOHb puede ser interpretado de una manera distinta al identificar las respuestas en alguno de tres grupos:

- a) Aquellos que no están dispuestos a pagar las cantidades presentadas (j = 1).
- b) Los que pagarían la cantidad mínima que les fue presentada (j = 2).
- c) Los que pagarían, al menos, la máxima cantidad que se les ofertó (j = 3).

En este caso, para estimar la probabilidad de ocurrencia del evento, se puede recurrir al modelo de regresión logística ordinal (VERBEEK, 2008; LÓPEZ-FELDMAN, 2012). Para ESCOBAR & al. (2009), cuando la variable dependiente es discreta pero sus valores indican un orden, la inclusión de la información que aporta el orden de las alternativas en la especificación del modelo permite obtener mejores resultados. Diversos autores (BAUM, 2006; VERBEEK, 2008; ESCOBAR & al., 2009) mencionan que los resultados y la interpretación del modelo logit y del modelo ordinal son similares. Al igual que

en modelo logístico, los resultados por obtener en el modelo ordinal son los coeficientes  $b$  de cada variable independiente y los puntos de corte que tienen una interpretación similar a la constante  $\alpha$  del modelo binario. Ya que la lógica del modelo logístico ordinal es consistente con la estructura del formato de licitación, las estimaciones de la DAP que a continuación se presentan fueron obtenidas por esta vía.

### 3. Resultados

#### 3.1. Sobrecostos privados del cambio normativo

Los costes de construcción se obtuvieron teniendo en cuenta la siguiente información: la vivienda original (NBE-CA-88) está formada principalmente por muros de albañilería (tradicional y mixta) y forjados unidireccionales con elementos de entrevigado de hormigón, mientras que la fachada es de obra vista de  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo cerámico, cámara de aislamiento y placa de yeso laminado de 11 mm, con carpintería de aluminio, clase A2, y vidrio simple 4+4 mm. En la vivienda con mayor aislamiento (DB-HR), los muros requieren de elementos adicionales como los trasdosados autoportantes o las bandas perimetrales, mientras que en los forjados se modifica el aislamiento para ruido de impacto o la composición del hormigón. La fachada, esencial en el análisis, se compone de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm, revestimiento continuo intermedio, aislamiento térmico y trasdosado de ladrillo ce-

rámico hueco doble de 7 cm con revestimiento de yeso. La carpintería es de aluminio con acristalamiento doble laminado 4+4/6/4. Estas soluciones son específicas y seguramente difieren a las utilizadas en otras comunidades autónomas, o incluso entre promociones de una misma localidad.

En el año 2012, dependiendo del programa de obra y de la solución constructiva adoptada, el sobrecoste de producción de las viviendas (sobrecostos de construcción más costes indirectos y beneficios adicionales) para atender las especificaciones del DB-HR podía traducirse en incrementos entre 0,74% y 1,29% del valor de compra-venta (0,97% en promedio), considerando un precio de venta base cercano a los 4.000 €/m<sup>2</sup>. En términos de alquiler, el incremento es de 6,5 a 20,05 €/mensuales adicionales (13 € de media). Estos resultados se obtienen al comparar, además de la vivienda típica, siete viviendas de una misma promoción (ver FIG. 3) que tienen distintas superficies útiles y condiciones de fachada. Los casos extremos corresponden a la vivienda de mayor dimensión (superficie de 110 m<sup>2</sup>), con fachada de amplios acristalamientos y alineada con una calle de gran circulación vehicular, mientras el caso opuesto es el de una vivienda ubicada al interior de manzana y que posee la menor superficie del conjunto (ligeramente superior a los 50 m<sup>2</sup>).

Para la vivienda típica, con superficie cercana a 80m<sup>2</sup>, el alquiler mensual tendría que verse incrementado en aproximadamente 11 € para compensar el sobrecoste del mejor aislamiento.

Fig. 3/ Incrementos en los precios de compra-venta y alquiler para compensar el sobrecoste de producción de viviendas insonorizada (DB-HR en relación al NBE-CA-88)

Tipo de vivienda	Superficie (m <sup>2</sup> )	Valor de venta				Alquiler mensual	
		Solución 1		Solución 2		Solución 1	Solución 2
		€/m <sup>2</sup>	%	€/m <sup>2</sup>	%	€	€
A	110,33	43,74	1,09	49,85	1,24	17,60	20,05
B	89,78	32,84	0,82	43,46	1,08	10,75	14,23
C	108,33	29,72	0,74	35,64	0,89	11,74	14,08
D	86,35	34,95	0,87	37,38	0,93	11,00	11,77
E	97,26	43,38	1,08	51,78	1,29	15,38	18,36
F	101,62	33,43	0,83	41,04	1,02	12,39	15,21
G	52,52	33,92	0,85	41,06	1,02	6,50	7,86
Típica	80,00	34,95	0,87	37,38	0,93	10,19	10,90

Precio medio del alquiler: 14,61 €/m<sup>2</sup>  
 Precio medio de compra-venta: 4.007,00 €/m<sup>2</sup>  
 Int. mensual = alquiler / compra - venta: 0,36%

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario insistir en que aun cuando las soluciones analizadas son de uso común en las edificaciones, los sobrecostes presentados se obtuvieron a partir de una casuística específica y no del total de casos posibles. Para los elementos considerados, la «Solución 1» se calculó para el mayor coste incurrido para satisfacer la NBE-CA-88 y el menor para el DB-HR, con lo que la diferencia en el sobrecoste es mínima; en la «Solución 2», el criterio se invierte (mínimo coste NBE, máximo DB-HR), con lo que la estimación del sobrecoste es superior a la anterior. En el análisis, las diferencias no necesariamente se presentan en todos los elementos, ya que la solución inicial también puede ser adecuada para cumplir con lo indicado en el DB-HR. A pesar de que estos valores se estimaron a partir de un solo tipo de solución constructiva y un número reducido de viviendas, son comparables a los presentados por estudios de factibilidad realizados previamente (DOMÍNGUEZ & FRÍAS, 2006; AFELMA, 2008), por lo que se consideraron como parámetros válidos.

A partir de estas estimaciones se diseñaron dos rangos distintos de ofertas que fueron incluidos en la encuesta de valoración; el primero (R-I) fue de los 5 a los 17 €/mes y el segundo (R-II) de 11 a 23 €/mes.

### 3.2. Beneficios privados del cambio normativo

En primer lugar, se ha analizado el impacto que produce la auralización sobre la DAP. Como se ve en la Fig. 4, en general, el porcentaje de per-

sonas que estaban dispuestas a pagar algo por un mejor aislamiento acústico es marcadamente superior a aquellas personas que rechazaron pagar algo (respuestas de protesta incluidas). Sin embargo, el porcentaje de respuestas positivas es aún mayor en el subgrupo de personas que escucharon las auralizaciones.

Esto sugiere que el uso de la auralización facilita que los encuestados emitan una respuesta favorable, posiblemente porque esta herramienta les permite apreciar un cambio significativo en las condiciones acústicas de la vivienda, además de que reduce considerablemente la subjetividad en la evaluación.

Únicamente el 3,9% de la muestra fue catalogado con una disposición nula real a pagar (una vez eliminadas las respuestas de protesta<sup>3</sup>). Es decir, que el 96,1% de los encuestados estaba dispuesto a pagar algo más por vivir mejor insonorizado, lo cual sugiere que la protección frente a la contaminación acústica es un tema muy relevante en una ciudad compacta como Barcelona.

Máxime si se considera que dicha DAP se expresó en un contexto de crisis económica, con tasas de desempleo excepcionalmente elevadas, y una caída real tanto de la renta familiar disponible como del poder adquisitivo.

En definitiva, estos primeros resultados ponen de relieve que la población está dispuesta a tomar medidas que le lleven a habitar viviendas más confortables desde la perspectiva acústica.

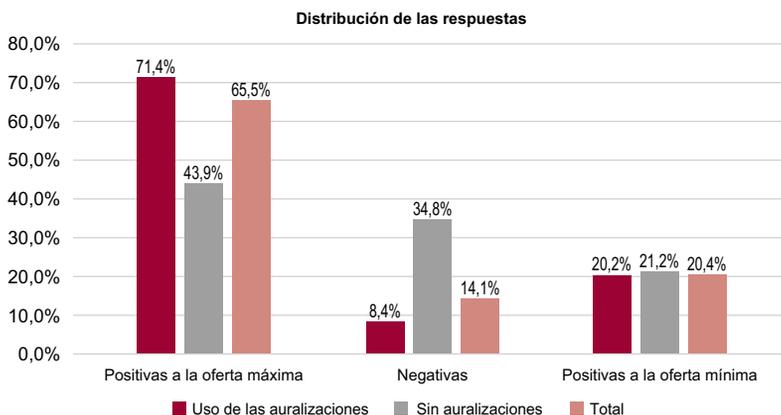


Fig. 4/ Respuestas a la pregunta de valoración

Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup> Se asume que las respuestas de protesta en realidad están enmascarando una DAP que queda oculta por una inconformidad con la vía de provisión del cambio ambien-

tal ofertado (en este caso una mejora de la tecnología constructiva), o por quien debe cargar con las externalidades producidas.

El análisis de las respuestas, utilizando la regresión ordinal, sugiere que cuanto mayor es el valor de la oferta, mayor es la probabilidad de que las personas estén dispuestas a pagarlo. Este resultado, en principio contradictorio con la racionalidad económica, pone de relieve el muy importante valor que los encuestados han dado al mejor aislamiento acústico en Barcelona. Especialmente cuando el 95,4% de los encuestados considera que el ruido es perjudicial para la salud, y el 79% estima que el nivel de aislamiento acústico es un elemento crucial en la elección residencial. Asimismo, el 20,3% de la muestra declaró haber realizado, o estar por realizar algún tipo de mejora para aislar su vivienda del ruido, incluso aquellas personas que dijeron vivir de alquiler.

El modelo de la FIG. 5, con un ajuste de 0,5297 (Pseudo  $R^2$ ), tiene dos cortes («cut1» y «cut2») asociados al número de ofertas presentadas en el formato de licitación, que funcionan como variables explicativas. Según sus resultados, la DAP se ubica entre 7,74 y 13 € de incremento en el alquiler mensual. Es decir que la DAP por beneficiarse de un mejor aislamiento acústico casi iguala a los sobrecostos de producción equivalentes, como se ha dicho antes, a 11 €/mes para el caso del apartamento de nueva planta típico en Barcelona.

Al introducir otras variables explicativas se obtiene que el modelo con mayor ajuste y capacidad predictiva incluye la oferta, el uso de las auralizaciones, la importancia que se da al aislamiento acústico de la vivienda y los ingresos del encuestado. Las pruebas estadísticas indican, con respecto al modelo anteriormente explicitado, que el ajuste del modelo mejora ligeramente (Pseudo  $R^2=0,586$ ), las especificaciones incluidas incrementan la capacidad predictiva (Count  $R^2 = 0,842$ ) y mejoran los aciertos (Adj Count  $R^2=0,505$ ).

Estas variables fueron seleccionadas utilizando la técnica multivariante del análisis factorial;

el motivo principal de llevar a cabo este procedimiento fue el de evitar la multicolinealidad en los modelos. Por lo anterior, variables sociodemográficas como la edad, el género o el nivel de estudios no aparecen en el modelo de regresión. Al verificar la asociación estadística entre las variables sociodemográficas y la forma en que los encuestados percibe y reacciona a las condiciones acústicas que afrontan en su vivienda, para esta muestra no se obtuvo alguna correlación; las posibles asociaciones, todas ellas débiles o moderadas ( $\rho < 0,44$ ), que se observaron se dan entre las variables del mismo tipo, es decir, socio-demográficas/socio-demográfica o percepción-fuente. Estas asociaciones se vinculan al ciclo de vida, pues aparecen entre la edad, la condición laboral, los ingresos, el nivel de estudios y la tenencia de la vivienda. Como se espera, un incremento en la edad de los encuestados se asocia a la incorporación de las actividades productivas, y en consecuencia se puede participar de manera activa en el mercado residencial, posibilidad que también aumenta al percibir mayores ingresos. Asimismo, el nivel de estudios alcanzado está correlacionado positivamente con los ingresos y las ocupaciones que requieren mayor cualificación. Finalmente se observa que existe una asociación estadística positiva entre pagar más por una vivienda mejor aislada y tener mayores ingresos y formación académica.

Retomando la interpretación del modelo de regresión, debido a que las variables explicativas de la elección no son del mismo tipo se procedió a su estandarización, ya que este procedimiento permite establecer el peso que cada variable independiente tiene en la estimación de la DAP. Todas las variables independientes afectan la DAP ya que tienen signo positivo y sus cocientes de razón son mayores que la unidad («Odds Ratio» ver FIG. 6). Así, un aumento en la magnitud de cada variable incrementa la probabilidad de tener una DAP favorable.

Fig. 5/ Estadísticos del modelo ordinal básico y límite superior de la DAP

Respuesta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP2	13,01611	0,4295586	30,30	0,000	13,85803	12,17419
DAP1	7,737362	0,5034167	15,37	0,000	8,72404	6,750683
Measures of Fit						
McFadden's R2:	0,530		Prob > LR:		0,000	
Count R2:	0,842		Adj Count R2:		0,505	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA.

FIG. 6/ Cocientes de razón y cocientes estandarizados

Variables	Odds Ratio	e <sup>^bStdX</sup>	P> z
Oferta	1,721663	26,211	0,000
Ingresos	1,000542	1,7891	0,005
Importancia del aislamiento	6,399333	1,5509	0,007
Uso de las auralizaciones	4,251699	1,8179	0,001
/cut1	7,742346		
/cut2	10,96796		

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Con los cocientes estandarizados («e<sup>^bStdX</sup>»), la variable que tiene un efecto más importante en la DAP es la oferta presentada: el valor positivo y mayor a 1 (26,21) indica que cuanto más alto fue el precio ofrecido mayor ha sido la probabilidad de pagarlo. Estos resultados reiteran que los encuestados valoran positivamente el silencio y por lo tanto están dispuestos a pagar más por habitar viviendas con mejores condiciones acústicas. A continuación, aunque con una importancia mucho menor, aparece el uso de las auralizaciones (1,82), seguido por los ingresos familiares y la importancia otorgada al aislamiento acústico en la elección residencial; todas estas variables entran con el signo positivo esperado.

Para estudiar con más a detalle el efecto que tienen las variables independientes en el cálculo de la DAP se recurrió a la interpretación por predicciones. Este análisis consiste en dar valores específicos a cada variable fijando el valor del resto de ellas (en este caso su valor medio). De esta forma se pueden calcular las probabilidades implícitas producidas por un cambio en una variable discreta, manteniendo

todo lo demás igual. Dicho análisis (ver FIG. 7) sugiere que la presentación de las ofertas máximas produce, como se ha dicho antes, un incremento en la probabilidad de conseguir que los encuestados acepten pagarlas. Asimismo, cuando se presentó la oferta mínima de 5 euros, la probabilidad de aceptación del pago se reduce.

Esto apunta que los encuestados fueron incrédulos ante mejoras acústicas asociadas a escasos incrementos del alquiler.

El uso de las auralizaciones incrementa en un 15,4% la probabilidad de obtener una DAP positiva. Cuando se preguntó por la oferta mínima y no se reprodujeron la grabaciones, la probabilidad de obtener una respuesta positiva fue de 31,8%, comparada con la probabilidad del 10,3% que se obtuvo cuando si se utilizaron. Las experiencias vivenciales en relación al ruido, asociadas a la importancia que los encuestados dan al aislamiento acústico en la elección residencial, incrementan en un 23,8% la probabilidad de obtener una respuesta positiva a la pregunta de valoración (ver FIG. 8).

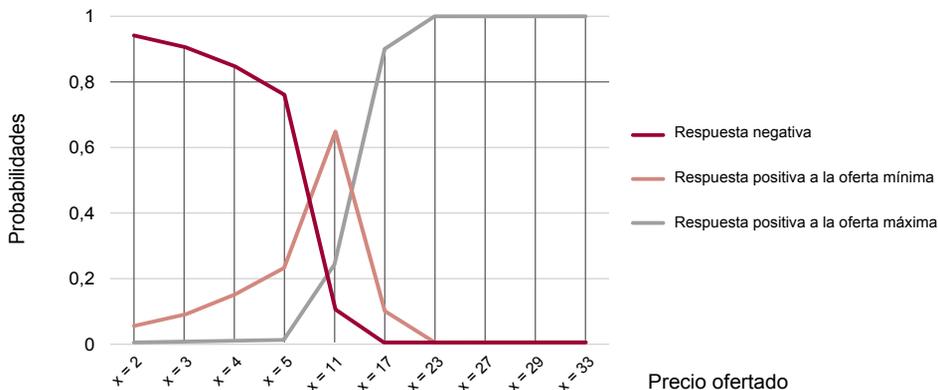


FIG. 7/ Probabilidades según la oferta presentada

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 8/ Efecto de la experiencia sónica en la respuesta

Presencia de aislamiento	Avg   Chgl	Pr (y = 1   x):	Pr (y = 2   x):	Pr (y = 3   x):
No es importante	0	0,03613199	0,44933254	0,514535
Importante	0	0,00582375	0,12266896	0,871507
dif:0->1	0,2379812	-0,03030823	-0,32666358	0,356972

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA.

Cuando los encuestados valoran positivamente el confort acústico, la probabilidad de pagar por las viviendas con mayores prestaciones acústicas crece un 35,7%, aun en el caso de que el precio ofertado sea el máximo. Todo lo demás igual, cuando las personas no dan importancia al aislamiento acústico en la elección residencial, se incrementa la probabilidad tanto de que no estén dispuestas a pagar nada o bien de pagar la mínima cantidad ofertada (3% y 32,7% respectivamente).

Es decir, se observa una coherencia entre las respuestas obtenidas a las preguntas simples y en el ejercicio de valoración contingente.

Como es previsible, el efecto sobre la DAP de los ingresos familiares es positivo, pues las probabilidades de pagar más por el aislamiento acústico crecen a la par que los ingresos (ver FIG. 9). Así, pasar de tener unos ingresos de 600 €/mes a 2.700 €/mes, incrementan en un 15,3% la probabilidad de estar dispuesto a pagar el precio de la oferta máxima.

En todos los casos las probabilidades de obtener respuestas favorables a las ofertas máximas son mayores que las probabilidades a correspondientes a las ofertas mínimas [ $Pr(y = 3|x) > Pr(y = 2|x)$ ].

Finalmente, con el modelo logístico ordinal que incluye otras variables explicativas además de la oferta, la DAP se ubica en un rango comprendido entre 21 y 27 € de incremento en el alquiler mensual (ver FIG. 10).

Los resultados anteriores ponen de manifiesto que la DAP por el incremento en las prestaciones de aislamiento acústico introducido por el cambio normativo compensa los sobrecostes de producción. En todo caso, cabe tener en cuenta que nuestras estimaciones de la DAP son intrínsecamente conservadoras, puesto que los límites inferiores de los rangos ofertados se encuentran o bien por debajo o bien en el mismo nivel que el sobrecoste de producción. Cabe concluir, por tanto, que desde la perspectiva privada existe una DAP positiva por vivir mejor insonorizados y que la provisión de dichas viviendas, saldría a cuenta para los promotores, si es que efectivamente el valor aquí calculado se transformase en un *market premium* capaz de eclipsar a los costes de producción. Por ende, el cambio introducido por la política del DB-HR podría mayorar la rentabilidad de las promociones residenciales.

Sin embargo, existe otro conjunto de beneficios explícitamente sociales que podrían deri-

Fig. 9/ Efecto de los ingresos familiares

Probabilidades	Ingresos familiares (euros/familia/mes)			
	600	1500	1880	2700
No pagar	0,0129	0,008	0,0065	0,0042
Pagar la oferta mínima	0,2353	0,1605	0,1351	0,0915
Pagar la oferta máxima	0,7518	0,8315	0,8584	0,9044

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA.

Fig. 10/ Estimación de los límites de la DAP para el modelo ordinal

Respuesta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP2	27.3684	2.878617	9.51	0.000	21.72642	33.01039
DAP1	21.43122	2.801372	7.65	0.000	15.94063	26.92181

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA.

var de entornos residenciales mejor aislados y que no se han considerado en esta valoración. Nos referimos a los costes derivados de la salud pública y a la potencial reducción de los absentismos laborales derivados de una mayor calidad ambiental. Recientemente, utilizando datos del periodo 2003-2005, TOBIÁS & *al.* (2015) han cuantificado que reducir *un* dB del ruido vehicular en Madrid podría haber evitado casi 500 muertes, derivadas de problemas cardiovasculares y enfermedades respiratorias producidas por el incremento de algunas hormonas (adrenalina, nor-adrenalina, y cortisol) liberadas por la tensión que genera la intensidad del sonido. ¿Cuántas muertes al año se podrían evitar con los 7 dB de mayor aislamiento que aquí se analizaron siguiendo las exigencias el DB-HR en relación al NBE-CA-88?

#### 4. Conclusiones

El progresivo reconocimiento científico de los efectos nocivos del ruido ambiental, aunado a la molestia subjetiva, han producido un malestar social cuya reacción en la política pública ha desembocado en legislaciones preocupadas por la calidad acústica de los espacios habitables. En el ámbito del urbanismo, dichas políticas han estado encaminadas a reducir esta externalidad por vía de la regulación espacial y temporal de las actividades que la producen, así como mediante planes de mitigación. En el ámbito de la arquitectura se ha ido por la vía del endurecimiento de las exigencias de aislamiento acústico. En este artículo hemos analizado hasta qué punto el DB-HR representa una carga para los promotores de vivienda libre, o por el contrario, es una vía potencial para incrementar la rentabilidad de sus promociones al obtener mayores beneficios que los sobrecostes de producción. Para ello, hemos identificado la vivienda plurifamiliar típica del mercado de nueva planta barcelonés y calculado tanto el sobrecoste de producción asociado al cambio normativo (DB-HR vs. NBE-CA-88) como la disposición a pagar (DAP) por acceder a viviendas mejor insonorizadas para una muestra de usuarios potenciales. Si bien la cuantificación de los costes de producción es relativamente sencilla, la valoración de la DAP no lo es en absoluto. Por esa razón, hemos acudido a la valoración contingente, una de las técnicas de evaluación de la calidad ambiental más potentes de cuantas se han diseñado. Gracias a dicha técnica hemos resuelto la problemática que supone la valoración de un bien público como el silencio (o un perjuicio público como el ruido), y por ende

sin un mercado explícito en el cual observar su precio. Asimismo, esta técnica nos ha permitido valorar un cambio que es aún potencial (hipotético) ya que la entrada en vigor de la normativa ha coincidido con el inicio de la recesión inmobiliaria, y por ende, con la práctica ausencia de viviendas aisladas según la nueva legislación. Cabe subrayar que,

— la principal contribución de este trabajo ha sido la utilización, por primera vez en nuestro país, de una auralización en la valoración contingente del ruido.

De esta manera, las personas que participaron en la encuesta pudieron experimentar la mejora acústica introducida por el cambio normativo y, por ende, estuvieron mejor informadas sobre el bien intangible valorado.

Los modelos calibrados con las respuestas de las 306 personas que participaron en el ejercicio de valoración sugieren que efectivamente existe una DAP que supera al sobrecoste de producción inmobiliaria. De hecho, de forma sorprendente, según el formato de licitación utilizado (delimitado una vez y media), las personas mostraron una mayor probabilidad de elegir los precios más elevados. Lo cual sugiere dos cosas:

- Por una parte, que el ruido es un problema social importante tanto que, incluso en escenarios macroeconómicos muy adversos como en el que se desarrolló la valoración, las personas están dispuestas a hacer un esfuerzo adicional por acceder a la ya de por sí sobrevalorada vivienda, siempre y cuando ofrezca garantías de calidad acústica.
- Por otra, que valores muy bajos de sobrecoste de aislamiento producen incredulidad en la demanda sobre la eficacia de los mismos. Mayor cuidado merece en ejercicios futuros, por ende, la determinación de los valores inferiores ofrecidos en el ejercicio de valoración.

Todo ello produce una sobre-DAP por la vivienda insonorizada con la nueva legislación que eclipsa tanto los sobrecostes de construcción como los gastos asociados y la mayor retribución del capital. Ahora bien, los modelos utilizados, cuya capacidad de ajuste se encuentra dentro de los rangos habituales en la literatura especializada, ponen de relieve el importante papel que juega la auralización del cambio ofrecido tanto en su capacidad predictiva, como en la propia DAP. Es decir, que el subgrupo de personas encuestadas

que escucharon las grabaciones ofrecidas, al estar mejor informadas sobre el cambio acústico valorado, no sólo respondieron con una estructura más fácilmente modelizable, sino también manifestaron, *ceteris paribus*, una mayor DAP, en relación al grupo de control al cual únicamente se le explicó de forma descriptiva lo que significaba el cambio de aislamiento valorado. *En definitiva, esta contribución representa una aportación metodológica importante, que «materializa» la subjetiva e intangible naturaleza de un bien como el silencio.* Por lo demás, el resto de variables que subyacen y explican la DAP son coherentes con la teoría, así la DAP incrementa cuanto: mayor es el nivel de ingresos de la población y mayor es la importancia que ésta le da al aislamiento acústico en la elección residencial.

## 5. Bibliografía

- AFELMA (2008): «El CTE DB HR, una normativa necesaria y fácil de cumplir», en *Directivos Construcción*, 215: 44-50, España.
- BARREIRO, J. & al. (2005): «How much are people willing to pay for silence? A contingent valuation study», en *Applied Economics*, 37: 1233-1246.
- BAUM, C. (2006 1ª ed.): *An introduction to modern econometrics using Stata*. Ed. Stata Press, Texas, USA, 2006.
- BOE, 242 de 8 de octubre de 1988. *Orden de 29 de septiembre de 1988 por la que se aclaran y corrigen diversos aspectos de los anexos a la norma básica de la edificación NBE-CA-82 sobre «condiciones acústicas de los edificios».*
- BOE, 254 de 23 de octubre de 2007. *Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.*
- BJØRNER, T. B. (2004): «Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction», en *Transportation Research Part D* 9: 341-356.
- BOYLE, K. (2003): «Contingent valuation in practice. Chapter 5», en *P. A. Champ & K. J. Boyle and Brown T. C. A Primer on Nonmarket Valuation*: 111-169, Kluwer academic Publishers.
- CHAN, E. & al. (2009): «Value of buildings with design features for healthy living: a contingent valuation approach», en *Facilities* 27 (5/6): 229-249.
- COOPER, J. & al. (2001): «One-and-One-Half Bound Dichotomous Choice Contingent Valuation», en *CUDARE Working Paper 921* (1-33), UC Berkeley: Department of Agricultural and Resource Economics, UCB. Disponible en: <http://escholarship.org/uc/item/09c663b2> [fecha de consulta: 17 Enero 2012].
- DAUMAL, F. (2002). *Arquitectura acústica. Poética y diseño*. Ed. UPC. Barcelona, España, 2002.
- & J. DE GORTARI (2006): «La influencia del ruido en el precio de la vivienda», en *TECNIAACUSTICA 2006*: 1-6, Gandía, Valencia.
- DOMÍNGUEZ, J. & J. FRÍAS (2006): «Estudios prenormativos sobre el CTE DB-HR e impacto económico», en *Directivos Construcción*: 48-52.
- ESCOBAR & al. (2009 1ª ed.): *Análisis de datos con Stata. Cuadernos metodológicos 45*. Ed. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, España, 2009.
- FOSGERAU, M. & T. B. BJØRNER (2006): «Joint models for noise annoyance and willingness to pay for road noise reduction», en *Transportation Research Part B* 40: 164-178,
- GARCÍA, B. & F. GARRIDO (2003): *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Fundación La Caixa. Colección Estudios Sociales, 12 (254): Disponible en: [http://obrasocial.lacaixa.es/ambitos/estudiossociales/volumenes04\\_es.html](http://obrasocial.lacaixa.es/ambitos/estudiossociales/volumenes04_es.html).
- GIDLÖF-GUNNARSSON, A. & al. (2007): «Noise annoyance and restoration in different courtyard settings: Laboratory experiments on audio-visual interactions», en *Inter-Noise 2007*: 1-10, Estambul, Turquía.
- HANEMANN, M. & J. LOOMIS & B. KANNINEN (1991): «Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation», en *American Journal of Agricultural Economics*, 73 (4): 1255-1263.
- IGLESIA, A. (2005): «El ruido y los derechos fundamentales. Consideraciones al hilo de la reciente jurisprudencia del Tribunal Constitucional español», en *Revista Mexicana de Derecho Constitucional* 12, enero - junio: 233-274.
- JENNINGS, P. & R. CAIN (2013): «A framework for improving urban soundscapes», en *Applied Acoustics* 74: 293-299.
- LI, H.N. & al. (2009): «Valuing road noise for residents in Hong Kong», en *Transportation Research Part D* 14: 264-271.

- LOPEZ-FELDMAN, A. (2012): «Introduction to contingent valuation using Stata», en *MPRA Paper No. 41018 posted 04*: 1-17. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/41018/>[fecha de consulta: 07 Enero 2013].
- MARMOLEJO, C. & A. FRIZZERA (2008): «¿Cuánto estamos dispuestos a pagar por el silencio? Un análisis contingente para la ciudad de Barcelona», en *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*, III (7): 21-40.
- MARMOLEJO, C. & J. ROMANO (2009): «La valoración económica social del ruido aeroportuario. Un análisis para el entorno residencial del Aeropuerto de Barcelona», en *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, XLI (159): 65-86.
- MARMOLEJO, C. & C. GONZÁLEZ (2009): «Does noise have a stationary impact on residential values?», en *Journal of European Real Estate Research*, 2: 3, 259-279
- (2010): «El impacto del ruido sobre la formación espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para el mercado residencial de Barcelona», en *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, XLII (164): 221-232.
- MARTIMPORTUGUÉS, C. & al. (2003): «Efectos del ruido comunitario», en: *Revista Acústica*, 34 (1 y 2): 31-39.
- MITCHELL, R. & R. CARSON (1989). *Using surveys to value public goods: The contingent valuation method*. Ed. Resources for the Future, Washington DC.
- NAVRUD, S. (2000): «Economic benefits of a program to reduce transportation and community noise: A contingent valuation survey», en *Inter-Noise 2000*: 1-5, Niza, Italia.
- OSORIO, J. & F. CORREA (2009): «Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente», en *Semestre Económico*, 12 (25): 11-30.
- RIERA, P. (1994): *Manual de Valoración Contingente*. Ed. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid, Disponible en <http://webs2002.uab.es/prieram/manual.htm>.
- & M. MACIÁN (1999): «Análisis coste-beneficio de la ampliación del aeropuerto de Barcelona con externalidades ambientales», en *Documento de trabajo EEE 47*, Fedea.
- TOBÍAS, A. & al. (2015): «Health impact assessment of traffic noise in Madrid (Spain)», en *Environmental Research*, 137, February 2015: 136-140.
- TORIJA, A. & al. (2011): «Relationship between road and railway noise annoyance and overall indoor sound exposure», en *Transportation Research Part D* 16: 15-22.
- VERBEEK, M. (2008 Third edition): *A guide to modern econometrics*. John Wiley & Sons, Sussex.

#### Abreviaturas

- DB-HR**: Documento Básico de Habitabilidad de Ruido.
- CTE**: Código Técnico de la Edificación.
- CE**: Comunidad Europea.
- RD**: Real Decreto.
- AFELMA**: Asociación de Fabricantes Españoles de Lanás Minerales Aislantes.
- DB**: Símbolo de decibelio.
- VC**: Valoración contingente.
- DAP**: Disposición a pagar.
- NBE-CA**: Norma Básica de la Edificación, Condiciones Acústicas.
- CPSV**: Centro de Política de Suelo y Valoraciones.
- UPC**: Universidad Politécnica de Cataluña.
- CYPECAD**: Programa de cálculo y control de estructuras desarrollado por CYPE. Ingenieros S.A.
- ICIO**: Impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras.