

Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC)

Escola Tècnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB)

Departament de Construccions Arquitectòniques I

Evaluación de los costes y beneficios de la implementación del aislamiento acústico en el mercado residencial de nueva planta en Barcelona

Tesis presentada por José M. Romo-Orozco para obtener el título de Doctor por la
Universitat Politècnica de Catalunya

Directores

Dr. Carlos R. Marmolejo Duarte

Dr. Francesc de Paula Daumal Domenech

Barcelona, España

01/09/2013

Resumen

El ruido es percibido actualmente como uno de los factores más negativos que se presentan en las ciudades. En España, con los cambios normativos que rigen la edificación, se dio respuesta parcial a la necesidad de gozar ambientes que resulten menos agresivos acústicamente. Con estas premisas el objetivo de la investigación fue demostrar, para el mercado residencial de nueva planta barcelonés, que la disposición de las personas a pagar por habitar una vivienda que proporcione un mayor confort acústico supera los costes de implementar sistemas de aislamiento más restrictivos. Para analizar un bien que no tiene mercado (el silencio) se recurrió a la técnica de valoración contingente. El planteamiento implicó estimar los probables sobrecostes asociados al incremento en el aislamiento y generar un mercado hipotético para que las personas revelasen sus preferencias al respecto. Es aquí donde se presenta uno de los principales atributos de la investigación: preparar y utilizar la simulación acústica de una vivienda que cumple con distintos niveles de aislamiento. Los resultados demuestran que los beneficios cuando menos equiparan los sobrecostes de construcción y son fuente de información sobre el *trade-off* generado con la mejora de los procesos de edificación. En términos metodológicos se comprueba que la valoración contingente permite el análisis de políticas públicas y que al proporcionar incentivos adecuados, los individuos opinan sobre cuestiones complejas que les afectan. En cuanto a las estimaciones, se presentan resultados que indican que el modelo logístico ordinal se ajusta al formato de pregunta empleado y proporciona estimaciones consistentes de la disposición a pagar.

Palabras clave: *ruido, DB-HR, CTE, valoración contingente, simulación acústica, modelo logit ordinal.*

Abstract

Noise is perceived as one of the most negative factors arising in cities. In Spain, with policy changes, partial response was given to the need to enjoy environments that are less noisy. With these premises, the objective of the research was to demonstrate, for the new residential market in Barcelona, that the willingness to pay for occupy a dwelling which gives a major acoustic comfort exceed the cost of the implementation of the most restrictive insulated systems. The contingent valuation technique was used to evaluate the silence, which does not have a market. The approach implied estimate over costs related to the increment in the insulation and generate a hypothetical market so people reveal their preferences. This is one of the main attributes of this study, and meant get it through the acoustic simulation of a dwelling which rose up the diverse acoustic insulation levels. The outcomes gotten displayed that the benefits at least equate the additional costs, and are a source of information over the trade-off that is

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

generated when the building techniques improve the habitability of dwelling. Methodologically, it is demonstrated that contingent valuation provides consistent information to perform the analysis of public policies; with appropriate incentives, it also facilitates people think over those complex situations which affect them. In terms of the estimates, the econometric models display products which recommend that the ordered logit allots reliable valuations in the willingness to pay.

Keywords: noise, DB-HR, CTE, contingent valuation, acoustic simulation, ordered logistic model.

Agradecimientos

Para Mónica, mi cómplice consuetudinaria, y Erick, mi compañero de viaje.

A mis padres, a quién nunca terminaré de agradecer lo que me han dado.

A los Profesores Carlos Marmolejo y Francesc Daumal, directores de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa, pero sobre todo por la motivación y el apoyo que me brindaron en este tiempo.

Al equipo del CPSV encabezado por el Dr. Josep Roca por toda su colaboración, pero en especial a Jorge, Malcolm y Gustavo por su presencia en los momentos de desconcierto que todos podemos enfrentar.

A los directivos de la UASLP por el respaldo recibido y las gestiones realizadas; extensiva mi gratitud a mis amigos de la UAMZM por el aliento permanente.

Finalmente, que estas líneas sirvan para expresar mi más profundo y sincero reconocimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la conclusión de etapa.

A todos, muchas gracias.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Índice general

Índice general	i
Índice de tablas	vi
Índice de ilustraciones	ix
Índice de gráficos	x
Introducción	1
Capítulo 1. La acústica y el confort acústico	7
1.1 El origen de los sonidos	7
1.1.1 Parámetros característicos de los sonidos	8
1.1.2 Escala de medición y ponderación	9
1.2 Los conceptos de sonido y ruido	10
1.2.1 Ruido comunitario y ruido ambiental	11
1.3 Percepción de los sonidos	12
1.3.1 La percepción del ruido	13
1.4 Confort acústico	15
1.5 La contaminación acústica y sus fuentes	18
1.5.1 Tipos de fuentes	19
1.6 Efectos de la contaminación acústica	23
1.6.1 Efectos en la salud	24
1.6.1.1 Efectos en la audición	24
1.6.1.2 Efectos no auditivos	24
1.6.2 Efectos en el rendimiento humano	25
1.6.3 Molestia	26
1.6.4 Algunas repercusiones económicas: el cambio de valor de la vivienda	29
1.7 Control del ruido	31
1.7.1 Medidas infraestructurales: control del ruido en la vivienda	33
1.7.1.1 Aislamiento acústico	34
1.7.1.2 Aislamiento acústico y confort	36
1.7.2 Normas de inmisión	38
1.7.2.1 Norma Básica de Edificación sobre condiciones acústicas en los edificios (NBE-CA-88)	41

1.7.2.2 El Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Documento Básico de Protección frente al ruido (DB HR)	41
1.8 Conclusiones	45
Capítulo 2. La teoría del bienestar y la valoración ambiental	47
2.1 Consideraciones previas a la valoración económica del medio ambiente	47
2.1.1 Curva de demanda	48
2.1.2 Curva de la oferta	50
2.1.3 Equilibrio oferta-demanda y el concepto de elasticidad	50
2.2 Teoría de la elección y de la utilidad del consumidor	51
2.3 Bienes públicos y privados	56
2.4 Las externalidades y la eficiencia de los mercados	58
2.4.1 Evaluación de externalidades y políticas correctivas	59
2.5 Medidas económicas de bienestar: variación compensatoria y variación equivalente	60
2.5.1 Excedente del consumidor	62
2.5.2 Variación compensatoria	62
2.5.3 Variación equivalente	64
2.6 El valor de los bienes ambientales y los métodos para su valoración	66
2.6.1 Los métodos de valoración de bienes ambientales	68
2.6.2 Métodos de preferencias reveladas (observadas)	69
2.6.3 Métodos de preferencias declaradas	71
2.7 Conclusiones	74
Capítulo 3. El método de valoración contingente	75
3.1. Generalidades del método de valoración contingente	76
3.1.1. Planteamiento conceptual y fiabilidad de los resultados	76
3.1.2. Motivos de protesta y sesgos	79
3.1.3. Explotación de información e interpretación de los resultados	82
3.2. Metodología de implementación	82
3.2.1. Identificación del cambio en la cantidad o calidad del bien	84
3.2.2. Identificación de los efectos del cambio	84
3.2.3. Selección de la muestra representativa y administración del cuestionario	85
3.2.4. Diseño de la encuesta	86
3.2.4.1 Descripción del mercado contingente	87
3.2.4.2 Suministro del bien, medio de pago y tiempo para su realización.	88
3.2.4.3 Selección de la regla de decisión.	89
3.3. Variantes del método de pregunta: formato abierto o intervalos de preferencias	90
3.3.1. Detección de valores cero, de protesta y de otros tipos de respuestas estratégicas	95
3.3.2. Preguntas auxiliares y validación de la encuesta	97
3.4. Métodos de calibración y agregación	97

3.4.1. Agregación.....	100
3.5. Aplicaciones del método de valoración contingente al ámbito de la arquitectura y el urbanismo	101
3.6. Conclusiones	114
Capítulo 4. La valoración económica social del ruido	117
4.1 El coste económico social del ruido en la vivienda	118
4.1.1 Valoración monetaria del control del ruido	119
4.2 Estimaciones del coste económico del ruido usando el método de valoración contingente	127
4.3 Conclusiones	139
Capítulo 5. Metodología	141
5.1 Planteamiento contingente	142
5.1.1 Modelos de encuestas para la valoración del ruido	143
5.1.2 Escenario contingente en la investigación	147
5.2 La valoración contingente en el ámbito del control del ruido en las viviendas.....	147
5.2.1 Identificación del cambio en el bien	148
5.2.1.1 Características de la vivienda típica	148
5.2.1.2 Ubicación y precios de la vivienda	149
5.2.1.3 Nivel de ruido en la vivienda típica	152
5.2.2 Efectos del cambio y método de suministro.....	153
5.2.2.1 Cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico	154
5.2.2.2 Elementos constructivos y sobrecostes.	156
5.3 Diseño de la encuesta	158
5.3.1 Descripción del elemento que se valora	159
5.3.1.1 El escenario de valoración: la simulación con archivos de audio	159
5.3.2 Diseño de la pregunta de valoración.....	161
5.3.2.1 El formato de uno y medio (OOHB).....	162
5.4 Solución del modelo econométrico.....	163
5.4.1 El modelo logístico	163
5.4.1.1 El modelo logístico en el formato de pregunta OOHB	167
5.4.2 El modelo logístico ordinal.....	168
5.4.3 Estimación de la medida de agregación: la media de la DAP	169
5.5 Regla de decisión y medio de pago.....	171
5.6 Cálculo de la muestra y determinación del sitio de aplicación	172
5.6.1 Sitio de aplicación: estrategia residencial y oferta de vivienda	172
5.6.2 Perfil de los posibles demandantes.....	173
5.6.3 Accesibilidad a la vivienda.....	174
5.6.4 Tamaño de la muestra.....	175
5.6.5 Método de aplicación.....	175

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

5.7 Validación	176
5.8 Generalidades de la encuesta	177
5.9 Aplicación.....	179
5.10 Conclusiones	180
Capítulo 6. Discusión y resultados	181
6.1 Estimación de los sobrecostes producidos por el aislamiento acústico	181
6.1.1 Características de la vivienda típica	181
6.1.1.1 Característica de las viviendas por grupo	186
6.1.1.2 Ubicación y nivel de ruido para la vivienda típica	191
6.1.2 Análisis acústico de la vivienda típica	194
6.1.3 Estimación de los sobrecostes de construcción.....	202
6.2 La encuesta y su aplicación.....	209
6.2.1 Aplicación a la muestra de la población.	213
6.3 Análisis estadístico de datos	217
6.3.1 Descripción de la muestra	217
6.3.2 Fuentes y efectos del ruido	219
6.4 Estimación de la DAP	225
6.5 Resultados de las estimaciones del valor e interpretación de los modelos.	233
6.5.1 Estimación preliminar de la DAP mediante el modelo matemático.....	233
6.5.2 Estimación de la DAP con modelos de elección discreta	235
6.5.2.1 Análisis de sensibilidad: modelo que relaciona la respuesta inicial (res1) con la primer oferta presentada (Oferta_1).....	235
6.5.2.2 Modelos logísticos con protesta	236
6.5.2.3 Modelos ordinales con protesta.....	244
6.5.2.4 Modelos logísticos sin protesta	251
6.5.2.5 Modelos ordinales sin protesta	252
6.5.2.6 Comparación de modelos.....	256
Capítulo 7. Conclusiones finales	261
7.1 Con respecto al control del ruido en la vivienda	261
7.2 De la metodología empleada.....	262
7.3 Sobre los costes y beneficios del control del ruido en el ámbito residencial	264
7.4 Limitaciones de la investigación y líneas de investigación sugeridas	267
Bibliografía.....	269
Anexo 1: Características de la vivienda de reciente creación.....	287
Anexo 2: Verificación del cumplimiento normativo.....	323
Anexo 3: Encuesta	367
Anexo 4: Análisis y predicción del comportamiento acústico al ruido de tráfico de fachadas típicas de obra vista	375

Índice de tablas

Tabla 1.1 Niveles de presión acústica ponderados A (dB (A))	10
Tabla 1.2 Objetivos de calidad acústica para ruido en espacios interiores habitables (1)	39
Tabla 1.3 Objetivos de calidad acústica para vibraciones	39
Tabla 2.1 Principales métodos de valoración para bienes ambientales que utilizan la función de demanda	69
Tabla 2.2 Ejercicios de aplicación del método de las preferencias declaradas	73
Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los formatos de respuesta	94
Tabla 4.1 NDSI reportado por estudios de precios hedónicos	122
Tabla 4.2 Estudio de valoración económica del ruido	124
Tabla 5.1 Principales inconvenientes en las viviendas	142
Tabla 5.2 Variables explicativas en la elección de vivienda	145
Tabla 5.3 Precios de vivienda nueva y de alquiler en Barcelona	151
Tabla 5.4 Precio de vivienda nueva y de alquiler en Sant Martí	151
Tabla 5.5 Aislamiento exigido por la normativa	153
Tabla 5.6 Ubicación de la DAP	162
Tabla 5.7 Características del solicitante de alquiler en el área de Barcelona	174
Tabla 6.1 Estadísticos básicos de las variables de la vivienda	182
Tabla 6.2 Frecuencia de las variables nominales	182
Tabla 6.3 Varianza total explicada	184
Tabla 6.4. Factores principales de la vivienda	185
Tabla 6.5: Centros de los conglomerados finales	186
Tabla 6.6: Valor de la media por variable y conglomerado	186
Tabla 6.7. Promociones por clúster y distrito	191
Tabla 6.8 Niveles de ruido (Ld) por distrito	193
Tabla 6.9 Niveles de ruido para las promociones de los clúster 1 y 3	193
Tabla 6.10 Cálculo del aislamiento global (ag) para la fachada de la vivienda típica	197
Tabla 6.11 Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios	198
Tabla 6.12 Elementos constructivos	200
Tabla 6.13 Catálogo de precios de los elementos constructivos	202
Tabla 6.14 Coste integrado de los elementos constructivos	204
Tabla 6.15 Cuantificación de los elementos	206
Tabla 6.16 Sobrecoste de los elementos constructivos para la vivienda típica	206
Tabla 6.17 Sobrecostes de las viviendas	207
Tabla 6.18 Incrementos en los precios de compra-venta y alquiler	208
Tabla 6.19 Lista de variables	212
Tabla 6.20 Distribución de observaciones por rango de oferta	215

**EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA**

Tabla 6.21 Distribución de las respuestas obtenidas a la pregunta de valoración	215
Tabla 6.22 Estadísticos básicos de las variables socioeconómicas	217
Tabla 6.23 Relación entre fuentes y molestia	221
Tabla 6.24 Coeficientes de especialización	223
Tabla 6.25 Correlaciones entre variables socio-demográficas	224
Tabla 6.26 Correlaciones entre variables de sensibilidad y percepción	224
Tabla 6.27 Factores con las variables sin codificación especial	227
Tabla 6.28 Matriz de componentes rotados para las variables recodificadas (_cod)	228
Tabla 6.29 Factores con las variables codificadas (_cod)	229
Tabla 6.30 Comunalidades para las variables recodificadas (_cod2)	230
Tabla 6.31 Factores con variables recodificadas (_cod2)	231
Tabla 6.32 Variables para las modelos de estimación extraídas del análisis factorial	232
Tabla 6.33 Modelación matemática de la DAP	233
Tabla 6.34 Frecuencia de respuestas positivas a la oferta inicial	235
Tabla 6.35 Modelo logístico para la respuesta a la oferta inicial	236
Tabla 6.36 Modelo logístico básico para la muestra con protesta (ML1_CP)	236
Tabla 6.37 Medidas del ajuste del modelo ML1_CP	236
Tabla 6.38 DAP media para el modelo logístico básico	237
Tabla 6.39 Modelos logísticos con variables explicativas para la muestra con protesta	238
Tabla 6.40 Medidas del ajuste del modelo ML6	239
Tabla 6.41 Interpretación por cocientes de razón del modelo ML6	239
Tabla 6.42 Comparación en los cambio de razones para el modelo ML6	240
Tabla 6.43 Interpretación por predicciones del modelo ML6	241
Tabla 6.44 DAP _{media} de la muestra total con el modelo ML6	243
Tabla 6.45 DAP _{media} con el modelo logístico ML6 (Interpretación 2)	243
Tabla 6.46 Modelo logístico ordinal básico (MO1_CP) para la muestra total	244
Tabla 6.47 Medidas del ajuste del modelo	244
Tabla 6.48 Límite superior de la DAP con el modelo ordinal básico (MO1_CP)	245
Tabla 6.49 Comparación de modelos ordinales para la muestra total	245
Tabla 6.50 Comparación de los modelos ordinales MO3 y MO5	246
Tabla 6.51 Cocientes de razón para el modelo ordinal MO5	246
Tabla 6.52 Cocientes estandarizados del modelo ordinal MO5	247
Tabla 6.53 Efecto de la oferta presentada según el modelo ordinal M5	247
Tabla 6.54 Efecto del escenario de valoración en las probabilidades de obtener respuestas positivas	248
Tabla 6.55 Efecto de la experiencia sónica en la respuesta	248
Tabla 6.56 Efecto de los ingresos familiares	249
Tabla 6.57 Estimación de los límites de la DAP para el modelo ordinal MO5	250
Tabla 6.58 Modelo logit para la muestra sin protesta	251

**EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA**

Tabla 6.59 Cocientes estandarizados del modelo logit de la muestra sin protesta	251
Tabla 6.60 Cambio en las probabilidades de la respuesta	252
Tabla 6.61 Modelo ordinal básico para la muestra sin protesta.....	252
Tabla 6.62 Límites de la DAP para el modelo ordinal básico para la muestra sin protesta (MO1_SP) ..	252
Tabla 6.63 Comparación de modelos con variables explicativas para la muestra sin protesta	253
Tabla 6.64 Modelos ordinales compuestos para la muestra sin protesta	253
Tabla 6.65 Medidas del ajuste del modelo M2_SP	254
Tabla 6.66 Cálculo del límite superior e inferior de la DAP para la muestra sin protesta con el modelo ordinal	254
Tabla 6.67 Cocientes de razón para modelos ordinales sin protesta	255
Tabla 6.68 Cocientes de razón estandarizados para el modelo M2	255
Tabla 6.69 Efecto de la oferta en el modelo ordinal M2.....	255
Tabla 6.70 Comparativa de la DAP_{media} obtenida por diversos modelos	257

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.1 Componentes de la transmisión del mensaje sonoro.....	8
Ilustración 1.2 Fuentes habituales de ruido en edificios y vías de transmisión	33
Ilustración 1.3 Sistema masa-resorte-masa.....	36
Ilustración 1.4 De la LOE al DB-HR	43
Ilustración 2.1 Desplazamiento de la curva de demanda	49
Ilustración 2.2 Curvas de indiferencia	54
Ilustración 2.3 Cesta en el punto de máxima satisfacción	55
Ilustración 2.4 Excedente del consumidor.....	62
Ilustración 2.5 Variación compensatoria	63
Ilustración 2.6 Variación equivalente.....	64
Ilustración 2.7 Valores económicos del medio ambiente	67
Ilustración 5.1 Diagrama del proceso de investigación.....	141
Ilustración 5.2 Mapa de ruido y promociones analizadas	152
Ilustración 5.3 Soluciones para la fachada.....	157
Ilustración 5.4 Modelo explicativo de la DAP	158
Ilustración 5.5 Ubicación del sonómetro durante las medidas.....	160
Ilustración 5.6 Límites en los rangos de las ofertas	172
Ilustración 5.7 Ficha técnica provisional.....	176
Ilustración 6.1 Clúster 1 de vivienda	187
Ilustración 6.2 Clúster 2 de vivienda	188
Ilustración 6.3 Clúster 3 de vivienda	189
Ilustración 6.4 Clúster 4 de vivienda	189
Ilustración 6.5. Vivienda tipo.....	190
Ilustración 6.6 Fachada y tipología edificatoria de la vivienda típica (Calles Bilbao y Pere IV).....	191
Ilustración 6.7 Nivel de ruido en las promociones con el buffer de 30 mts.	192
Ilustración 6.8 Ubicación de la promoción.....	194
Ilustración 6.9 Edificación (corte)	195
Ilustración 6.10 Caracterización de la edificación	195
Ilustración 6.11 Detalle de los elementos constructivos	196

Índice de gráficos

Gráfico 5.1 Respuestas a la pregunta de valoración	150
Gráfico 6.1 Respuestas a la pregunta de valoración	215
Gráfico 6.2 Respuestas negativas	216
Gráfico 6.3 Grupos de edad	217
Gráfico 6.4 Ocupaciones de la población.....	218
Gráfico 6.5 Ingresos familiares.....	218
Gráfico 6.6 Tenencia de la vivienda	219
Gráfico 6.7 Importancia del aislamiento	220
Gráfico 6.8 Obras de aislamiento	220
Gráfico 6.9 Percepción de la calle.....	221
Gráfico 6.10 Molestias por fuente	222
Gráfico 6.11 Grupos de edad	222
Gráfico 6.12 Gráfico de sedimentación (variables sin recodificar).....	226
Gráfico 6.13 Relación de respuesta positivas-DAP	234
Gráfico 6.14 Efecto de la grabación en el modelo ML6	241
Gráfico 6.15 Efecto de los ingresos familiares en el modelo ML6	242
Gráfico 6.16 Efecto de la oferta en el modelo ML6.....	242
Gráfico 6.17 Respuestas esperadas según la oferta presentada	247
Gráfico 6.18 Efecto del escenario de valoración en las respuestas obtenidas.....	248
Gráfico 6.19 Efecto de la experiencia y las creencias en las respuestas obtenidas	249
Gráfico 6.20 Efecto de los ingresos familiares en la DAP.....	250
Gráfico 6.21 Efecto de la importancia del aislamiento acústico.....	256

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Introducción

Hasta fechas recientes, el ruido fue una preocupación secundaria respecto a otros tipos de contaminación, ya que al encontrarse vinculado a actividades cotidianas, muchas de ellas indispensables, se llegó a considerar que era una consecuencia del progreso con la que se tenía que convivir. Sin embargo, en la actualidad, el ruido es uno de los principales agentes que perturban la calidad de vida en las áreas urbanas (Herranz et al., 1999, García y Garrido, 2003; Martimortugués et al., 2003; Vida et al., 2006; Marmolejo, 2008).

Evidentemente no puede decirse que la contaminación acústica sea un fenómeno reciente, aunque en los últimos años ha ido en aumento el malestar social que produce, además de que parece que se ha venido desarrollado una aparente cultura del confort acústico. En ciudades como Barcelona, reconocida por su densidad y concentración de actividades que se realizan tanto de día como de noche, es fácil que el ruido sea mencionado como uno de los principales problemas que la población tiene que afrontar por vivir en ella.

Las afectaciones que el ruido produce son diversas y de distinta dimensión, por lo que una estrategia para determinar la magnitud del problema es tratar de fijarle un coste económico; con ésta se ha demostrado que el ruido ocasiona molestias que se traducen en pérdidas económicas por los daños en la salud de las personas, por la reducción en la productividad o por las demandas legales que produce. Otra aproximación común para obtener los costes económicos del ruido proviene de analizar el cambio de valor de los inmuebles, ya sea por su disminución, o por las erogaciones que los propietarios realizan para mitigar los efectos del ruido a través de la colocación de barreras (intervenciones estructurales) en la vía de transmisión.

En el ámbito residencial, el aislamiento acústico es quizá el principal método de control de propagación del sonido y se le considera una condición necesaria para incrementar la calidad de vida y la salubridad de las personas. En ese sentido la vivienda, como elemento primigenio de protección, siempre ha proporcionado aislamiento contra el ruido, pero la presencia creciente de actividades que son fuente de contaminación acústica ha llevado a que el usuario exija cada vez más un mayor nivel de protección mientras ocupan su residencia.

En España, a mediados de la década pasada y buscando incrementar la habitabilidad de las edificaciones, se adecuó el código que rige la edificación en general. La implementación del Documento

básico de Protección Frente al Ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE), en el que se aumentaron los niveles de aislamiento acústico exigidos a los diferentes elementos que forman una edificación, ha obligado a un cambiar los sistemas y materiales que se venían utilizando convencionalmente.

Aunque el documento se acogió de manera positiva, en los distintos sectores especializados se generó la duda de su pertinencia y una sensación de inseguridad ante el desconocimiento de las consecuencias económicas de su aplicación. El cambio puede implicar un incremento en los precios de los inmuebles que las personas han de estar dispuestas a pagar; a cambio de este mayor pago, estas personas ocuparán viviendas con condiciones acústicas distintas a las que convencionalmente habitaban.

En este sentido, está vigente la inquietud de que las soluciones aceptadas con garantías técnicas, económicas y jurídicas se traduzcan en un beneficio social real. Las condiciones sugieren que el cambio no necesariamente tiene que ser el esperado: siempre podrá existir a quién le parezca excesivo, o insuficiente y que la inversión económica no se vea justificada, por lo que parece pertinente analizar si los cambios impuestos son una respuesta oportuna a la demanda de la población.

Ante esta expectación fue que se planteó la investigación y de ella se desprende su objetivo principal, que es demostrar, para el mercado residencial típico de nueva planta en Barcelona, que la disposición de las personas a pagar por habitar una vivienda que proporcione un mayor confort acústico supera los coste de implementar los sistemas de aislamiento que se incluyen en el DB-HR del CTE.

Metodología y lógica interna de la investigación.

El objetivo, traducido en la pregunta a partir de la que se estructura la investigación es que ante un hipotético cambio de vivienda ¿cuál es la cantidad media que las personas están dispuestas a pagar por habitar una vivienda aislada con los requerimientos incluidos por el DB-HR, y si esta cantidad es mayor a los costes de implementación de estos sistemas de aislamiento?

Dar respuesta a lo anterior implica analizar unas condiciones que no son extensivas al total de la población dado que no todas las viviendas existentes han sido construidas con esta normativa; en la actualidad, con la contracción en el mercado inmobiliario y por lo reciente de la implementación del DB-HR, el número de viviendas construidas siguiendo sus lineamientos y que estén ocupadas probablemente será reducido, lo que dificulta extraer una conclusión al respecto.

El contexto supone que se ha de valorar un bien (el silencio) que no estará nunca a la venta, en otras palabras, que no tiene o tendrá mercado, o de tenerlo (el caso de la vivienda con mayor aislamiento), no puede satisfacer la demanda en el corto plazo. En estas situaciones, las técnicas de valoración medioambiental son instrumentos, que más allá de sus limitaciones e interpretaciones, en general dan respuestas viables a las preguntas anteriores.

De manera particular, cuando se valora un bien para el que no existe un mercado real, o aun existiendo no se cuenta con las muestras necesarias para extraer una conclusión que se pueda generalizar, la opción es preguntar directamente por el valor que las personas le dan a ese bien. Este planteamiento implica realizar un ejercicio donde se genera un mercado hipotético en donde las personas revelen sus preferencias; dado que sólo se indaga sobre la disposición a pagar por el bien, el análisis se traduce en un ejercicio de valoración contingente, técnica que ha sido ampliamente utilizada para obtener los costes sociales del ruido.

El uso de esta técnica también se ve justificado cuando se valora un atributo único (en este caso el confort acústico que se logra con la implementación de la nueva normativa) y no un conjunto de ellos. Además, por este medio se valora el atributo directamente ya que se pregunta de manera abierta por la disposición a pagar por él, y no es necesario diferenciarlo de otras variables con las que puede estar correlacionado, eliminando con ello una de las principales dificultades metodológicas que presentan otras técnicas de valoración.

Pero la valoración contingente también presenta desventajas, siendo una de las principales que la apreciación del valor es un acto subjetivo que debe poder medirse u objetivarse, y que en este caso surge de una condición hipotética; este acto de valoración, en consecuencia, suele verse afectado porque la información relevante para cada individuo puede ser limitada (Alegret, 2001). Entonces ¿es posible realizar una aproximación objetiva que facilite la valoración del control del ruido en la vivienda? Ya que la correcta identificación del escenario y sus alternativas es función de la información que disponga el sujeto al momento de tomar una decisión, la respuesta en todo caso sería afirmativa cuando dicha información se estandariza y sea pertinente.

Ya que la hipótesis a partir de la cual se estructura la investigación es que el coste de implementación de las medidas técnico-constructivas incluidas en CTE para mejorar el confort acústico de las viviendas es menor que el beneficio que los individuos perciben y que expresan a través de su disposición a pagar por adquirir una vivienda de estas características, el planteamiento contingente que se diseñó parte de las características del parque residencial que ha sido edificado en años recientes en Barcelona y que se ve expuesto al ruido aéreo producido principalmente por los sistemas de transporte que están presentes en el entorno. Es aquí donde se presenta uno de los principales atributos de la investigación: preparar y utilizar la simulación acústica de una vivienda que cumple con distintos niveles de aislamiento y que incluye las principales características ofrecidas por el mercado inmobiliario barcelonés.

Los trabajos realizados comprenden el estudio de los fundamentos básicos de la acústica y el análisis de los principales métodos de valoración ambiental, así como su aplicación en algunas investigaciones acerca de los costes asociados a la contaminación acústica. El planteamiento acústico se restringe al análisis de los componentes físicos que caracterizan la transmisión y control del sonido en el medio físico, así como de los elementos psicosociales básicos que explican porque un sonido es definido como ruido.

Para la formulación del marco de valoración se revisó la teoría del bienestar, que surge de la economía clásica, y su aplicación a los bienes y servicios ambientales para los que no existe mercado. Por la definición temática de la investigación, se analizaron algunos estudios que desarrollan la técnica de valoración contingente en el campo de la arquitectura y el urbanismo, poniendo especial énfasis en aquellos casos que fue utilizada para determinar el coste de la contaminación acústica.

Una vez establecido el marco de referencia, se trabajó en la aplicación de estos conceptos para desarrollar un escenario contingente que resultara eficaz para mostrar el cambio que interesa valorar, y que a la vez sea objetivo y creíble.

La investigación es de tipo causal y transversal; el método que se utiliza, el cuantitativo, está condicionado claramente por la técnica de valoración, ya que ésta se basa en información obtenida a través de la aplicación de encuestas, la cual debe de tener un tratamiento econométrico para obtener el valor del bien.

Contenido

La tesis se estructura en tres partes:

1. Teórica, con dos vertientes, en donde se presentan tanto conceptos básicos de acústica como de micro economía aplicada en la valoración de bienes ambientales.
2. En el estado del arte se incluye una revisión de los conceptos básicos para manejar la técnica de valoración contingente, así como algunas de sus aplicaciones en el ámbito de la arquitectura y de la acústica.
3. En la parte empírica se describe detalladamente el proceso seguido en la investigación y se presentan los resultados obtenidos de los costes en que se puede incurrir cuando se incrementa el aislamiento acústico, así como la cuantificación de los beneficios asociados a este cambio.

La tesis consta de siete capítulos donde se incluye el marco teórico, la aplicación empírica de la técnica de valoración contingente del control del ruido en la vivienda y las conclusiones de la investigación. La estructura del documento es la siguiente: el capítulo inicial presenta la síntesis de los conceptos básicos de la acústica que inciden en el confort acústico de las viviendas. En el capítulo 2 se analizan y sintetizan los principios básicos que explican los procesos de elección y las medidas de bienestar que son empleados por los métodos de valoración de bienes ambientales. En el capítulo 3 se establecen los lineamientos básicos para desarrollar un estudio de valoración contingente y se revisan algunas de sus aplicaciones en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo, prestando especial atención a las condiciones de habitabilidad de la vivienda. El capítulo 4 incluye el análisis de los métodos aplicados en la determinación de los costes sociales y económicos del ruido, con énfasis en los casos que se aplica la valoración contingente.

En el capítulo 5 se describe el proceso para determinar las características de la vivienda típica, verificar el cumplimiento de las prestaciones acústicas exigidas en las distintas normativas y estimar los sobrecostos para incrementar estas prestaciones. A continuación se explica la implementación del ejercicio de valoración contingente a través del cual se comprueba si las exigencias normativas en el tema de aislamiento acústico son percibidas como un beneficio equiparable a los sobrecostos de su implementación. En esta parte se prestó especial atención al diseño del escenario de valoración y a la forma de extraer la disposición a pagar por las viviendas con mayores prestaciones acústicas.

En el capítulo 6 se presentan las estimaciones de los sobrecostos y los beneficios monetarios de la implementación del DB HR en la vivienda de nueva planta. También destacan los resultados que se extraen del uso de la simulación acústica para representar las viviendas con distintos niveles de aislamiento y el manejo de un formato de pregunta en donde se proporcionan los incentivos necesarios, ya que permitieron estimar monetariamente los beneficios de implementar el DB-HR; en esta etapa, además del modelo logit que convencionalmente se utiliza para analizar los procesos de elección discreta, se recurre al modelo logístico ordinal para obtener la disposición a pagar por una vivienda mejor aislada y determinar los factores que la explican. Finalmente, en el capítulo de conclusiones, se sintetizan los principales hallazgos de la investigación y se discuten las principales limitaciones, esbozando de esta manera futuras líneas de investigación.

Si bien es cierto que en la actualidad se han presentado una cantidad importante de estudios económicos sobre las mejoras en la habitabilidad de las viviendas, los resultados obtenidos indican que la relevancia de esta investigación se presenta en distintos ámbitos. El primero se refiere al análisis del impacto monetario de la contaminación acústica, revelado a través de la disposición a pagar por habitar viviendas más aisladas; este análisis puede ser fuente de información para los agentes públicos y privados sobre el *trade-off* que se genera cuando se mejoran los procesos de edificación (aún con los sobrecoste de construcción) que incrementan la habitabilidad de las viviendas.

En términos metodológicos, la relevancia está en el planteamiento del escenario y en la posterior evaluación de los beneficios que se asocian a la implantación del DB-HR; cuando el diseño del escenario incluye los elementos adecuados, las personas pueden emitir su opinión sobre temas que les afectan pero que debido a su complejidad son de difícil abordaje. Además se comprueba que el método de valoración contingente puede proporcionar información fiable para realizar el análisis de políticas públicas. Finalmente, en cuanto a los modelos econométricos, se presentan resultados que sugieren que el manejo de otros procedimientos que no necesariamente son los que convencionalmente se utilizan para estimar la disposición a pagar también proporcionan estimaciones consistentes.

Capítulo 1. La acústica y el confort acústico

El objetivo de este apartado es sintetizar, para su aplicación en esta investigación, aquellos conceptos básicos de la acústica que inciden en el confort de las viviendas. En él se presentan los principales parámetros físicos que caracterizan a los sonidos y se les vincula a la percepción personal para introducir los conceptos de ruido y confort acústico. A continuación se analizan las principales fuentes de ruidos y algunos de sus efectos. Finalmente se mencionan algunas medidas de control, poniendo énfasis en la normativa y los medios físicos que se aplican en la regulación del ruido en el ámbito residencial.

1.1 El origen de los sonidos

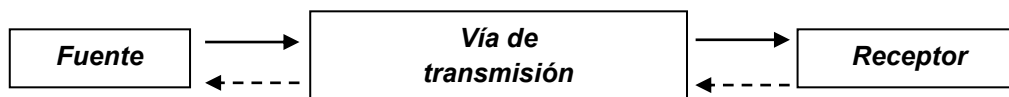
Del latín *sonitus*, el sonido es definido por la Real Academia Española como una *“sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire”*.

Según Carrión (1998), el sonido tiene su origen cuando un elemento, llamado fuente sonora, vibra y transmite energía a las partículas adyacentes de aire las cuales, a su vez, continúan con la transmisión de energía; las partículas no se desplazan, únicamente oscilan alrededor de su posición de equilibrio, acumulándose para crear zonas de compresión, o separándose para originar una zona de dilatación. Al propagarse, el sonido transporta energía pero no materia y las vibraciones se generan en la misma dirección en la que se propaga el sonido, dando origen a ondas longitudinales. Desde esta perspectiva, el sonido incluye cualquier fenómeno vinculado a la propagación de ondas elásticas capaces de generar un movimiento vibratorio en un cuerpo, aun cuando las ondas no sean audibles.

Otra conceptualización define a los sonidos audibles como vibraciones mecánicas que se propagan a través de un medio material elástico y denso (habitualmente el aire), que el oído convierte en ondas mecánicas para que el cerebro pueda percibir las y procesarlas, produciendo una sensación auditiva. Para Harris (1995), el sonido es una forma de energía que produce una alteración física en un medio que puede ser detectada por el oído humano. Por su parte, el documento “Guía de aplicación del DB-HR Protección frente al ruido” considera al sonido como una alteración física que se propaga por un medio, la cual puede ser detectada por el oído humano dentro de un rango de frecuencias específico. En conclusión, el sonido es una forma de energía que se presenta cuando las moléculas de aire vibran, lo que es percibido a través del oído.

En la transmisión y control de un mensaje sonoro existen tres componentes básicos (Ilustración 1.1)

Ilustración 1.1 Componentes de la transmisión del mensaje sonoro



Fuente: Elaboración propia a partir de Daumal, 2002

El bloque *fuentes* puede representar a más de un elemento generador de energía vibratoria, la *vía* puede ser la transmisión directa a través del aire o por medio de la vibración de un medio sólido; finalmente, el *receptor* puede representar a un individuo, un grupo o incluso a una infraestructura cuyo funcionamiento se ve afectado por el sonido. Las líneas continuas representan el canal de transmisión entre la fuente y el receptor, mientras que las líneas discontinuas, la interacción entre elementos pues aun cuando se muestran de manera separada en el diagrama, entre ellos existe una considerable dependencia; Daumal (2002) definió estos elementos como una de las trilogías más importantes para el arte y la técnica de la comunicación sonora.

1.1.1 Parámetros característicos de los sonidos

Los principales parámetros que caracterizan a las ondas sonoras son los siguientes:

- Amplitud: Magnitud con que se expresan las variaciones de presión de una onda sonora. La amplitud es la responsable de la sensación sonora de intensidad o volumen de un sonido; a mayor amplitud, mayor intensidad. Su unidad de medida es el Pascal ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$) y el rango audible está entre $20 \mu\text{Pa}$ y 100 Pa ; el primer valor corresponde a la presión más débil detectada por una persona, mientras que el umbral de dolor se presenta para una presión del orden de 100 Pa . Dado que el oído no responde a los estímulos de forma lineal, sino logarítmica, y a que se tiene una gran cantidad de valores fluctuando entre esos márgenes, se utiliza una escala relativa de presión sonora, en decibelios (dB), utilizando como referencia los $20 \mu\text{Pa}$.
- Periodo (T): Tiempo que tarda en producirse una oscilación completa; se mide en segundos.
- Frecuencia (f): Número de oscilaciones por unidad de tiempo; la unidad de medición es el hertz (Hz), que equivale a un ciclo por segundo. Determina el tono de un sonido: grave para las frecuencias bajas y agudo para las frecuencias altas.
Para el oído humano, la banda de frecuencias audibles abarca, aproximadamente, de 20 Hz a 20.000 Hz (o bien 20 kHz). Las frecuencias inferiores a 20 Hz corresponden a las llamadas subsónicas y las superiores a 20 kHz ultrasónicas. En acústica arquitectónica, las frecuencias que se suelen incluir en el estudio son las comprendidas entre los 125 y los 4000 Hz .
- Velocidad de propagación (c): Velocidad con que se desplazan las ondas sonoras en un medio elástico; es función del medio de propagación. En el aire, depende de la presión atmosférica

estática P_0 , de la temperatura y de la humedad; en condiciones normales, la velocidad de propagación del sonido en el aire es de aproximadamente 340 m/s.

- Longitud de onda (λ): Distancia recorrida por la onda en ciclo o periodo completo. Se mide en unidades de longitud (m).
- Intensidad acústica (L o I): Dependiente de la amplitud de onda, determina las condiciones de audición; se expresa en términos de amplitud media de las ondas de presión acústica p y, generalmente, se determina por el nivel de presión acústica L_p en decibelios (dB). Para la evaluación de viviendas, los aspectos que interesan conocer de este parámetro son la distancia a la fuente, pues la intensidad acústica decrece al aumentar ésta, y el medio por el que se transmita, ya que condiciona la velocidad de propagación.
- Sonoridad: Es el atributo de los sonidos, percibido subjetivamente, que permite al oyente ordenar su magnitud en una escala bajo-alto. Ya que es función de la susceptibilidad, no puede establecerse mediante una medida física directa. Depende fundamentalmente del nivel de presión sonora del estímulo y, en menor medida, de la frecuencia, duración y espectro.

1.1.2 Escala de medición y ponderación

Debido a que el oído responde a una amplia gama de presiones y a que no lo hace de manera lineal cuando es estimulado se ha adoptado una escala logarítmica, llamada nivel de presión sonora (NPS o L_d), para representar la presión sonora (Carrión, 1998; Guía de aplicación del DB-HR, 2009). La escala logarítmica se expresa en valores relativos a un valor de referencia que corresponde al umbral de audición, a partir del cual todos los sonidos audibles son positivos. Con ésta escala se habla de presión o intensidad sonora, la unidad utilizada es el decibelio (dB), que equivale a la menor variación sonora capaz de ser percibida por el oído humano medio; con el dB se reduce el manejo de valores de presión sonora de 0 a 135 dB, donde 0 dB representa una presión igual al umbral de audición y 135 dB el umbral aproximado de dolor. Las cifras manejadas son más simples, de manera que algunas relaciones entre cambios de nivel sonoro y su efecto subjetivo pueden ser:

- 1 dB: mínimo cambio de nivel sonoro perceptible
- 5 dB: cambio de nivel claramente percibido
- 10 dB: incremento que suele asociarse a una sonoridad del doble de intensidad

El oído no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias, por lo que aun cuando el nivel de presión sonora de dos sonidos distintos sea el mismo, uno de ellos puede considerarse como más alto que el otro si el nivel de presión sonora del primero está concentrado en región de frecuencias en donde el oído es más sensible. Para adaptar el nivel de presión sonora (dB) a la sensibilidad del oído humano se aplican correcciones (reducción o aumento de nivel) y se obtienen niveles ponderados. La ponderación más utilizada, ya que es la que mejor refleja la respuesta del oído para niveles habituales de ruido, es la curva de ponderación A, obteniendo a partir de ella niveles ponderados A (dB(A)). En la Tabla 1.1 se muestran como referencia algunos niveles de presión acústica ponderada asociados a sus fuentes.

Tabla 1.1 Niveles de presión acústica ponderados A (dB (A))

FUENTE	NIVEL
Umbral de audibilidad a 1000 hz	0
Sensación de silencio completo	0-20
Ligero movimiento de las hojas	25-30
Zona urbana tranquila entre 2 y 4 por la mañana	35-45
Conversación normal (interior)	45-55
Automóvil ligero al ralentí a una distancia de 7.5m (motor de explosión)	45-55
Automóvil ligero a 50 km/h, a una distancia de 7.5 m	60-80
Vehículo pesado de mercancías a 50 km/h, a una distancia de 7.5 m	80-95
Motocicleta a 50 km/h, a una distancia de 7.5 m	75-100
Discoteca (interior, L_{eq})	85-100
Nivel máximo de un tren de pasajeros (interurbano, 200 km/h, 7.5 m)	95-100
Avión a reacción (> 100 t, despegue, 100 m)	110-115
Aviones militares en vuelo rasante	105-120

Fuente: Libro verde de la Comisión Europea sobre "Política futura de lucha contra el ruido" (1996)

Por otra parte, la mayoría de los sonidos varían con el tiempo pudiendo fluctuar en una escala muy pequeña (a una cierta distancia de una autopista) o en una escala muy amplia (cerca de un aeropuerto). La descripción de estas variaciones se realiza mediante una única unidad llamada nivel equivalente continuo de presión acústica L_{Aeq} en dB (A); la descripción de todos los diferentes ruidos se basa en la hipótesis que a dosis de ruido iguales (la energía acústica se multiplicada por el tiempo de exposición) resultan efectos sonoros iguales. Aun cuando su uso es generalizado, existen problemas para describir mediante el L_{Aeq} los sonidos que presentan fluctuaciones muy rápidas o para aquellos que resultan poco corrientes, por lo que se utilizan unidades suplementarias para describirlos a largo del tiempo, como son el nivel máximo de presión acústica $L_{máx}$, los niveles de ruido estadísticos L_n (nivel de exceso en % del tiempo), el número NNI (considera el número de casos de ruido), y las "penalizaciones" añadidas al L_{Aeq} .

1.2 Los conceptos de sonido y ruido

De manera condensada, el sonido puede definirse como la "energía y la sensación auditiva provocada por las ondas acústicas"¹, pero dependiendo de la perspectiva que se adopte para estudiarlo pueden presentarse otras definiciones: cuando el planteamiento se hace desde una perspectiva fisiológica, se habla de las sensaciones producidas en el oído por determinadas oscilaciones de la presión exterior, pero cuando el fenómeno se define desde la física, se habla de la presencia de vibraciones irregulares en frecuencia y amplitud, con distintos timbres, que dependen del material que las origina.

Un enfoque de mucho interés puede ser el sociológico, que pretende centrarse en la forma en que la sociedad, y cada ser humano en particular, lo conceptualizan, ya que por esta vía un fenómeno físico que forma parte de la vida cotidiana puede convertirse en ruido.

El ruido es, de este modo, el sonido que subjetivamente se percibe de forma negativa (Andrés, 2003). Kryter por su parte, lo define como "la energía acústica audible que afecta de manera adversa al

¹ Daumal (2002), pág. 335

*bienestar fisiológico-psicológico de las personas*². Se puede apreciar entonces que como fenómenos físicos no existe diferencia entre sonido y ruido, la diferencia está en la percepción: la definición de ruido, aun cuando puede ser objetiva, suele plantearse de una manera más subjetiva, considerándolo como un sonido molesto o no deseado. Convencionalmente, el ruido ha sido definido como un sonido indeseado porque es desagradable, molesta, interfiere con actividades importantes o porque causa daños fisiológicos (Germán y Santillán, 2006).

La producción de un sonido es un fenómeno físico, pero la respuesta de las personas al mismo está afectada por *“sentimientos, por filtros personales o culturales, por significados y por símbolos que permiten hablar de una dimensión subjetiva superpuesta a la realidad objetiva”* (López Barrio, 2000), por lo que a menudo lo que para algunos resulta un sonido, para otros la percepción lo convierte en ruido.

Es decir, *“el ruido es una apreciación subjetiva del sonido considerándose toda energía acústica susceptible de alterar el bienestar fisiológico o psicológico, interfiriendo y perturbando el desarrollo normal de las actividades cotidianas. Por lo tanto, un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable, dependiendo de la sensibilidad o actividad que este (sic) desarrollando el receptor”* (Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, 2009).

Se puede observar que algunas definiciones son más técnicas, fundamentadas meramente en el carácter físico del fenómeno, mientras que otras tienen un carácter más jurídico o social. Como señala Martínez (2005), es importante enfatizar que en el concepto de sonido aparecen dos componentes esencialmente distintos, aunque íntimamente relacionados; por un lado, la onda sonora o ente físico capaz de producir la sensación de sonido y, por otro, la sonoridad o sensación subjetiva producida por ciertas variaciones de presión en el oído, de tal manera que el ruido no sería considerado como tal si no produjese rechazo y efectos no deseados en quien recibe el estímulo (definición jurídica), o no fuese catalogado como un sonido desagradable o molesto (definición social).

1.2.1 Ruido comunitario y ruido ambiental

Las áreas urbanas se encuentran expuestas a ruidos de diversa fuentes; muchos de ellos proceden de los sistemas de transporte, de manera que las áreas más ruidosas de una población pueden estar localizadas cerca de un aeropuerto o de una autopista importante, mientras que algunos barrios se encuentran expuestos al ruido de fuentes comerciales. En áreas silenciosas, los ruidos vecinales y naturales pueden ser una importante contribución al nivel de ruido que se aprecia.

En general, al hablar de ruido comunitario se hace referencia al ruido exterior en la cercanía de las áreas habitadas, mientras que el ruido ambiental es *“el ruido envolvente asociado a una ubicación determinada*

² Kryter, citado por Andrés (2003) pág. 14

*de la comunidad, habitualmente compuesto por los sonidos de muchas fuentes, próximas y lejanas, sin un sonido dominante particular*³.

El ruido ambiental es aquel que se asocia a un ambiente determinado, y suele estar compuesto de sonidos de muchas fuentes (Harris, 1995). Según el Real Decreto 1367/2007, el ruido ambiental se define como un producto derivado de múltiples emisiones, que contribuyen a generar niveles de contaminación acústica inadecuados desde el punto de vista ambiental y sanitario. La Directiva 2002/49/CE lo define como *“el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales...”*

El ruido ambiental puede variar significativamente en magnitud y carácter entre distintas localizaciones, así como con la hora del día siendo relativamente menor durante la noche, cuando las actividades se reducen, y más intenso durante la mañana y tarde, durante las horas pico del tránsito. Incluso dentro de un área pequeña, la magnitud del ruido puede cambiar de forma importante en función de la ubicación de la edificación, como sucede con aquellas viviendas que están orientadas directamente a la calle, en comparación de aquellas que se localizan al interior de los patios de manzana. Su importancia está en que los estudios de acústica en la edificación suelen incluirlo como parámetro para describir las variaciones espaciales y temporales de los niveles de ruido.

1.3 Percepción de los sonidos

La relación que las personas establecen con el ambiente se forma a través de los sentidos, entre ellos el de la audición, pues proporcionan al cerebro los impulsos que permiten activar los mecanismos de atención necesarios para el funcionamiento óptimo. La apreciación que se formula del entorno se fundamenta tanto en el tipo de estímulo que se recibe, como en el bagaje personal, de manera que en el conocimiento del medio, el primer procesamiento de información se da a través de la percepción. *“Mediante este proceso podemos llegar a elaborar juicios, relativamente elementales, acerca del medio ambiente en base a la información sensorial percibida. La función primordial de la percepción es reunir e interpretar la información. Este proceso selectivo posibilita la actuación en un medio complejo y está determinada por las necesidades, los valores, las tensiones y la base cultural de la persona”*.⁴

Todo lo que se percibe se organiza en marcos de referencia, en categorías de pensamientos creados a partir de las diferencias individuales, experiencias previas, sistemas de valores, etc. De este modo, cada individuo percibe la realidad en función de esos marcos, creando sus propias categorías de análisis de las condiciones que le rodean. El ambiente sonoro no se ve libre de esos juicios y, en consecuencia, de diferentes formas de valorar una realidad física como el ruido.

³ Bishop y Schomer en Harris (2003), pág. 50.1

⁴ Torregrosa y Crespo en Martimportugués, 2009, pág. 15

La percepción sonora es el resultado de los procesos que tienen lugar en el sistema auditivo central y que permiten interpretar los sonidos recibidos, por lo que existen tantas respuestas como individuos. Las diferencias individuales pueden ser explicadas desde la psicología en función tanto de las actitudes y creencias frente al sonido, como por las características de la personalidad, pero fundamentalmente por la sensibilidad al ruido, entendida ésta como una característica general de la personalidad que a pesar del paso del tiempo permanece invariable y que se ve reflejada en la actitud frente a los diferentes sonidos cotidianos en situaciones acústicas distintas (Martimortugués, 2009); esta característica afecta la valoración subjetiva de la situación, ya que los sonidos se pueden percibir como molestos y perjudiciales, y ocasionar manifestaciones a nivel fisiológico y conductual (Martimortugués, 2003).

1.3.1 La percepción del ruido

El ruido, siendo un problema medioambiental, se contempla comúnmente desde un marco de comprensión que hace referencia a la calidad de vida urbana, en donde se destaca la importancia que puede tener la percepción de la calidad sonora para que un ambiente sea significativo para el individuo. La percepción del ruido, en contraste con el fenómeno físico, no es absoluta y se basa principalmente en el significado que se da a los sonidos, lo que guarda relación con las fuentes emisoras y las personas expuestas. Por lo tanto, la evaluación de un medio ambiente sano depende de la información contenida en el sonido y el contexto en el que se percibe.

Se considera que la sensibilidad al ruido actúa como una variable que indica la forma en que opera éste para provocar determinados efectos en el individuo (molestias, agresividad, irritabilidad, estrés, etc.), y que es una variable endógena relacionada con la intensidad de la estimulación acústica. Algunos estudios realizados con grupos de personas expuestas al mismo nivel de ruidos (Job en Martimortugues, 2003) muestran que las reacciones son diferentes; este contraste en la apreciación del ruido se denomina susceptibilidad o sensibilidad individual al ruido, factor que contribuye a explicar los efectos de la contaminación acústica.

El ruido es un hecho objetivo y cuantificable pero, al mismo tiempo, es un fenómeno que tiene unas connotaciones subjetivas muy importantes que está sometido a diferentes sensibilidades; el ruido es, por lo tanto, un hecho subjetivo que puede admitir diferentes calificaciones. Los individuos reciben continuamente estímulos auditivos del ambiente que les rodea, lo que no significa que todos éstos causen molestias o tengan necesariamente efectos perjudiciales; existen informes que demuestran que un espacio totalmente silencioso puede tener efectos perjudiciales debido a la privación sensorial, de manera que ambos extremos, pocos sonidos o demasiados, pueden ser entornos rechazados por las personas (Daumal, 2003; Martimortugues, 2003).

De esta manera, alguna propuesta alternativa asume que en el sonido ambiental no tiene que ser negativo y que existe un paisaje sonoro (Schafer en Raimbault y Dubois, 2005); este paisaje puede contener al mismo tiempo sonidos de varias fuentes, algunas de las cuales atraen la atención más que

otras, dependiendo no sólo de las características físicas de la señal, sino de su significado y relevancia para el oyente. Estas propiedades semánticas de las fuentes de sonido permiten evaluar la diversidad de paisajes sonoros urbanos, altamente dependientes de las condiciones exterior-interior del espacio, público o privado, en la calle o en casa, actividades recreativas o productivas. Para evaluar los paisajes sonoros urbanos, por lo tanto, es necesario analizar las propiedades semánticas atribuidas a fuentes de sonido y no sólo las mediciones del nivel de ruido.

El programa “*Soundscape Support to Health*”, implementado en Suecia, formuló una estrategia para mejorar el ambiente acústico en las zonas residenciales que consistía en detener el aumento de los efectos adversos del ruido y apoyar la salud personal; el objetivo del programa fue combinar la reducción de emisiones en las fuentes (sobre todo de tráfico) con el diseño sonoro óptimo, para crear ambientes agradables y evitar los sonidos no deseados (Öhrström *et al.*, 2006). Los autores encontraron que existe interacción entre el paisaje acústico percibido y la apariencia visual de los espacios residenciales; sus resultados indican que la percepción visual de los espacios interiores puede modificar el grado de molestia ocasionada por el ruido de tráfico, afectando las reacciones emocionales y las posibilidades para descansar y relajarse.

En estos entornos, la contaminación acústica se percibe más como una molestia, o en algunos casos como una agresión personal, que como un problema medioambiental dentro del significado ecológico que se otorga a este término. Muy probablemente, esa percepción se deba también a la característica de inmediatez que comporta este tipo de contaminación, pues no se prolonga en el tiempo ni afecta a lugares alejados de la fuente, es decir, al funcionamiento o al equilibrio de los sistemas (García y Garrido, 2003).

Por lo anterior, el ruido adquiere mayor importancia cuando se enmarca en problemas de habitabilidad y calidad de vida en el medioambiente urbano. Algunas investigaciones (Berglund *et al.*, 1999; Esteban, 2003) constatan que cada vez son más los ciudadanos que valoran el ruido a la hora de mostrar sus quejas o preferencias en materia de vivienda y que lo consideran estrechamente asociado a su percepción de lo que es calidad de vida.

Según García y Garrido (2003), en España la exposición al ruido es considerada un problema muy importante, superado únicamente por el tránsito vehicular, problema con el cual guarda una estrecha relación, de manera que en las ciudades de más de un millón de personas el porcentaje de la población que lo considera como un problema «muy» o «bastante» importante llega hasta el 83%. Sin embargo, los mismos autores indican que al comparar la correlación entre las molestias ocasionadas por el ruido de tráfico y con la producida por los locales de ocio, se puede observar que el primer caso tienen un índice inferior, de manera que afirman que la sensación de molestia en la población aumenta cuando se vincula con fuentes de contaminación individualizadas, localizables y, en principio, susceptibles de reducción o anulación, como es el caso de los locales y establecimientos ruidosos.

Con lo anterior se concluye que la insensibilidad y la tolerancia de la mayoría de la población ante la contaminación acústica durante el día pueden ser mayores, lo que incide en la idea de la percepción social de la contaminación acústica como un componente inherente e ineludible de la vida cotidiana de las sociedades modernas. La conclusión anterior también plantea que aun cuando se identifiquen con claridad las fuentes, no se valora objetivamente su importancia, pues existen algunas que a pesar de ser más contaminantes, pueden causar poca molestia o reacción debido a que forman parte de una realidad social dada por supuesta, porque se asocian a un beneficio en términos de progreso y de oportunidades económicas, o simplemente porque se considera que escapan a la voluntad humana como en el caso de las fuentes naturales de ruido (García y Garrido, 2003; Moreno, *et al.* 2005).

Esto lleva a confirmar lo planteado inicialmente sobre las dimensiones personales que integran la percepción social del ruido: la afectiva y la cognitiva. En la primera, vinculada a valores o actitudes contra el ruido, se puede comprobar la existencia de una conciencia social mayoritaria por una sociedad menos ruidosa. En la dimensión cognitiva, se observa un nivel menor de conocimiento de la contaminación acústica y de sus efectos, aunque ello no implique que se desconozcan. Además, en el fenómeno de la percepción, los niveles de ruido no siempre se corresponden con la molestia que provocan en las personas. De aquí que las medidas puramente acústicas no sean suficientes para evaluar el impacto que el ruido tiene sobre la ciudadanía, en parte porque la percepción del ruido y el grado de molestia no tienen por qué coincidir con el dato objetivo expresado por los niveles de ruido; de hecho, las percepciones pueden ser sustancialmente diferentes, o incluso contradictorias, con los niveles de ruido obtenidos a través de mediciones.

1.4 Confort acústico

El estado de confort, en términos generales, hace referencia a un estado ideal de las personas que supone unas condiciones de bienestar, salud y comodidades que permitan la realización de sus actividades sin distracciones y sin ningún tipo de estrés. Cualquier sensación, sea agradable o desagradable, que impida la concentración en la tarea que se realiza va contra el confort; algunas opiniones van en el sentido de que la mejor sensación global durante la actividad es la indiferencia frente al ambiente. Así, el confort es una sensación compleja que depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, donde la persona se siente satisfecha y no necesita intervenir usando mecanismos propios para lograr un equilibrio con su entorno (Simancas, 2003).

Para facilitar su estudio e integración en el diseño, Simancas (2003) agrupa los componentes del confort en parámetros y factores. Los parámetros de confort son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en la percepción de los ocupantes, que a su vez pueden ser clasificados en:

- Ambientales: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire, temperatura radiante, radiación solar, niveles de ruido.
- Arquitectónicos: adaptabilidad del espacio, contacto visual y auditivo.

Para los parámetros ambientales, que son fácilmente cuantificables y tienen una clara influencia tanto en las sensaciones de las personas como en las características físicas de un espacio, se han determinado rangos dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de bienestar. Por su parte, los parámetros arquitectónicos se relacionan con las características de las edificaciones que facilitan la adaptabilidad, así como el contacto visual y auditivo de sus ocupantes.

Los factores de confort son aquellas condiciones propias del usuario que determinan su respuesta al ambiente; son independientes de éste último, pues están en función de las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas individuales, y a su vez, pueden clasificarse en personales o socio-culturales. Dentro de esta clasificación, los más estudiados son los factores personales por ser más fáciles de observar y cuantificar. Los socio-culturales, por tener un alto componente de subjetividad, resultan más difíciles de medir, por lo que las aproximaciones que hacen de ellos se dan con un enfoque sociológico, lo que asegura una marcada influencia de estos factores en la sensación de confort.

Aun cuando los parámetros y factores que constituyen al confort son diversos y complejos de estudiar, en función de lo dicho con anterioridad se puede explicar por qué es valioso el análisis del confort acústico para esta investigación; aun siendo breve, su estudio permite tener en cuenta los principales parámetros que intervienen en la edificación con objeto de lograr que la vivienda proporcione un ambiente acústico adecuado mediante el diseño y aplicación de soluciones constructivas más pertinentes.

La sociedad actual se desarrolla en un medio ambiente cuantitativa y cualitativamente diferente al de épocas pasadas; aunque el ruido ha estado presente en todo momento, hasta fechas recientes había sido una preocupación secundaria respecto a otros tipos de contaminación, lo que podría deberse al hecho de que para mucha gente que habita en las ciudades, el ruido es un elemento característico de la vida cotidiana; se llegó a considerar que el ruido era una consecuencia del progreso con la que se tenía que convivir, ya que se encuentra vinculado a actividades habituales e indispensables. El estilo de vida actual y el crecimiento urbano han traído un incremento considerable de los niveles de ruido a los que se ve expuesta la población, que se ve afectada tanto por la intensidad del ruido (debido al aumento de sus fuentes) como por el ámbito territorial que abarca (se percibe aun en el medio rural), e incluso por los espacios de tiempo en que se produce (algunos de sus efectos más perniciosos se dan en horario nocturno).

Estas condiciones han tenido como consecuencia una alteración del confort que la población experimenta en los espacios urbanos. En la actualidad existe un consenso más o menos generalizado que considera al ruido como uno de los elementos que perturban de manera más negativa la calidad de vida y que degrada con mayor intensidad el medio en que las personas desarrollan sus actividades. La industrialización y la urbanización han incrementado la contaminación acústica provocando preocupación social y política, poniendo en duda algunas de las variables en las que se asienta el desarrollo, de manera que el ruido, que durante algún tiempo fue una muestra de la vitalidad urbana, es en la actualidad revalorado como un producto nocivo que deteriora cada vez más la calidad de vida, constituyéndose en un problema que tiene importancia económica para la sociedad.

El análisis de los componentes del sonido muestra que el confort acústico se ve muy afectado por el tipo de fuente. Cuando un sonido agradable domina el paisaje sonoro, la relación entre la evaluación del confort acústico y el nivel de sonido es considerablemente más débil que la de otras fuentes tales como los ruidos del tráfico y la demolición. La percepción de los entornos acústicos es posible que se vea influida por los patrones culturales y ambientales. Yang y Kang (2005), en su estudio de 14 espacios urbanos de cinco países europeos, encontraron que para niveles similares de ruido (L_{eq}) la respuesta era diferente, lo que explican a través de la posible adaptación que experimentan aquellas personas que viven en ambientes que son más ruidosos, a las diferencias culturales y de estilo de vida; quizá las personas que habitan en climas más gélidos son menos tolerantes al ruido que aquellas que habitan en sitios con clima más cálido, en donde las ventanas tienen que estar abiertas, por lo que aprenden a ser más tolerantes.

En general, el análisis anterior muestra que la evaluación de la gente hacia los cambios de nivel de sonido se corresponde con los cambios de los niveles sonoros medidos, mientras que la evaluación del confort acústico es mucho más compleja; las personas tienden a ser más tolerantes en este sentido, tal vez porque el confort acústico es determinado por otros factores, no sólo el nivel de sonido. Estos factores pueden estar asociados a componentes visuales: la investigación de Yang y Kang confirma los hallazgos de otros autores con respecto a que estos dos aspectos pueden tener ciertas interacciones, trabajando juntos como un factor de comodidad estética. Las interacciones entre la percepción visual y auditiva, especialmente cuando los sonidos se relacionan con las escenas, parecen dar a la gente un sentido de participación y generar una sensación de confort.

En el año 2007, el equipo de investigadores dirigido por Gidlöf-Gunnarsson realizó un experimento en la Universidad de Gotemburgo en el que participaron 24 personas (12 hombres, 12 mujeres con pago de 600 coronas suecas por sus servicios). Para su realización se recurrió a la auralización y a la recreación visual de los espacios con el objetivo de estudiar qué combinación de patio y sonidos (tráfico o canto de los pájaros) resultaba más satisfactoria para los usuarios, además de observar cómo influyen estos factores en la percepción de molestia, en el estado de ánimo, en las oportunidades de relajación y en el descanso. Los resultados fueron que la calidad del paisaje sonoro y la molestia se vieron fuertemente afectadas por la exposición a ruido del tráfico rodado; se constató que sus efectos pueden modificarse por la presencia de factores que resulten agradables, pues en general se disminuyeron las molestias cuando se percibían sonido positivo acompañados de un entorno que resultaba atractivo visualmente. Sin embargo, cuando se presentaban niveles de ruido más intensos, el efecto visual parecía disminuir: el paisaje sonoro se percibió más estresante en el espacio atractivo que en el poco atractivo. Esto puede indicar que el paisaje sonoro percibido no está acorde con las expectativas asociadas a la impresión visual del espacio; lo anterior se traduce en que al ver un sitio atractivo, las expectativas probables son las de oír sonidos que resulten agradables, y no el ruido constante del tráfico enmascarando las fuentes de sonido positivo.

En el caso de que las mejoras se dispongan al interior de la edificación, se establecen dos criterios fundamentales: la absorción y el aislamiento. La absorción acústica permite disminuir el ruido emitido en un mismo local y proporciona un confort acústico *in-situ* reduciendo la reflexión que genera una molestia. Por su parte, el aislamiento acústico permite controlar la transmisión de ruido entre dos recintos (o espacios bien definidos); en este caso se actúa en la vía de transmisión, ya que el sonido proveniente de otro recinto genera molestia debido a las infiltraciones que permiten los materiales. Una adecuada combinación de aislamiento y absorción proporciona confort acústico en las edificaciones; para la evaluación de sus niveles es necesario considerar el contenido informativo del sonido para distinguir si es deseado, o no, y tener en cuenta parámetros acústicos como el tono, la intensidad y la velocidad de propagación, ya que permiten identificar el tipo de ruido por su nivel y espectro (Simancas, 2003).

1.5 La contaminación acústica y sus fuentes

El término contaminación acústica hace referencia un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La contaminación acústica es definida en la Ley 37/2003 como *“la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implique molestias, riesgos o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”*. Por su parte, en la Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido (2009) se le considera como un exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente, el cual tiene su origen en las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que puede tener efectos negativos tanto individuales como socio económicos.

En la parte final del siglo XX, el ruido fue declarado como un agente contaminante, lo que significó que se reconociera su capacidad de afectar la calidad de vida; se consideró que podría actuar adversamente en la salud y el bienestar de las personas, además de afectar la comunicación entre ellas, lo que se reflejaría en el pleno disfrute de la propiedad. Al reconocer al ruido como agente contaminante se conceptualiza la contaminación acústica⁵.

Como se ha mencionado, en la actualidad la contaminación por ruido ha llegado a ser reconocida como un problema urbano y de salud importante, que incide en la calidad de vida de las personas y que crece en el número de personas expuestas (Berglund y Lindvall, 1999; Germán y Santillán, 2006). En el libro verde de la Comisión Europea sobre la “Política futura de lucha contra el ruido” (CCE, 1996), ya se indicaba que muchos europeos consideraban a la contaminación acústica uno de los principales problemas ambientales urbanos. En ese momento se estimaba que alrededor del 20% de los habitantes de Europa occidental estaban expuestos a niveles de ruido que los científicos y los profesionales de la salud consideran inaceptables por los daños que podrían ocasionar. Según el Colegio Oficial de

⁵ La primera catalogación del ruido como un tipo de contaminación es realizada por parte de la OMS en el año 1972; posteriormente se le clasifica como un contaminante específico.

Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT, 2008), España es el segundo país más ruidoso del mundo, después de Japón: los datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), indicaban que en el año 2008, 9 millones de españoles estaban sometidos a un nivel superior a los 65 dB (A), y según la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (FREMAP), existían cuatro millones de personas que trabajaban en entornos con unos niveles de ruido superiores a los 85 decibelios⁶.

La preocupación de algunos países de la Comunidad Europea por mejorar la calidad de vida en las áreas urbanas ha sido tema de investigaciones, en donde la contaminación acústica es considerada un parámetro fundamental por monitorear. La lista de indicadores de sostenibilidad contenidos en el documento *“European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile”*, presentado en el 2003 por *Ambiente Italia Research Institute*, incluye en el octavo lugar de 10 el nivel de ruido al que se encuentra expuesta la población en las áreas urbanas (Indicador no. 8: porcentaje de población expuesta a más de 55 dB(A) de ruido nocturno).

Paradójicamente, la contaminación acústica o ruido comunitario, es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades humanas que se desarrollan en las grandes ciudades; el incremento generalizado de la movilidad, la construcción de edificios y las obras públicas, así como las actividades industriales entre otras, han sido registrados por los efectos acústicos adversos que producen (OMS, 1999; Esteban, 2003; Germán y Santillán, 2006).

1.5.1 Tipos de fuentes

En relación a las fuentes de contaminación acústica, Bishop y Schomer (en Harris, 1995) consideraban que:

*“Las zonas residenciales están expuestas a ruidos procedentes de muchas fuentes. La mayoría del ruido suele proceder de los sistemas de transporte: automóviles, camiones, motos, trenes, aviones, etcétera. Es probable que las áreas más ruidosas estén localizadas cerca de los principales aeropuertos o cerca de las principales carreteras, autovías o autopistas. Algunos vecindarios están expuestos al ruido de fuentes industriales (refinerías, fábricas, etcétera) o ruidos de fuentes comerciales (equipamiento de aire acondicionado, etcétera). En áreas silenciosas, los ruidos de las «personas» (gritos y llantos de niños, portazos, etcétera) y los ruidos «naturales» (ladrillos, grillos, etcétera) pueden ser contribuciones importantes al ruido comunitario”.*⁷

Los mismos autores definen al *ruido comunitario* como el ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas, mientras que el *ruido ambiental* es el ruido envolvente que se asocia a una ubicación

⁶ La información fue extraída del “Libro Blanco sobre los efectos del ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía” del COITT (2008). Pág. 3

⁷ Harris, 1995. Pág. 50.1

determinada, compuesto por los sonidos de diversas fuentes, próximas y lejanas, sin que domine uno en particular.

En la clasificación de los tipos de fuente, es posible establecer diversas tipologías. De manera inicial, se pueden distinguir dos tipos de ruido según su origen: los naturales y los artificiales. Los primeros forman parte de la naturaleza, por lo que son normalmente aceptados; sólo resultan molestas cuando la exposición es elevada en duración e intensidad; dentro de ellos se incluye la voz, la lluvia, el movimiento de las olas, el viento, etc. Los ruidos artificiales, como su nombre lo indica, provienen de maquinaria, radios u otras causas ocasionales intermitentes, y en la actualidad son vistos con preocupación por el nivel de contaminación acústica que provocan (Simancas, 2003).

Desde el punto de vista de la ubicación de la fuente generadora y su incidencia en las edificaciones, las fuentes de ruido pueden clasificarse en externas e internas. En las fuentes de ruido externas se engloban aquellos sonidos que aun siendo producidos en el exterior de la edificación, causan molestias a sus ocupantes por el nivel de presión sonora que pueden alcanzar. Estas fuentes pueden influir en el diseño acústico de las viviendas, incidiendo en la disposición de los recintos y en las condiciones de los cerramientos. Dentro de este tipo de fuentes se encuentran los diversos sistemas de transporte, las obras en construcción, los agentes atmosféricos, etc.

Por el tipo de propagación, se distinguen los ruidos aéreos y los de impacto. Los primeros se propagan, como su nombre lo indica, por medio del aire. El ruido de impacto se produce cuando los elementos constructivos de la edificación entran en vibración, originando sonidos en los sólidos; en algunas ocasiones, el elemento que produce la vibración puede ser un ruido aéreo. Dentro de estos dos tipos de ruido se pueden encontrar tanto los generados al exterior como en el interior de las edificaciones, y ser naturales o artificiales (*Ibidem*).

En general, los Estados miembros de la Comunidad Europea establecen clasificaciones de las fuentes de ruido ambiental al relacionarlas con las diversas actividades humanas, de manera que se puede hablar de ruido producido por la movilidad, las actividades productivas y recreativas, así como por el uso de algunos equipos de exterior (como por ejemplo equipo de jardinería). A esta clasificación se puede asociar el nivel de ruido que producen las distintas fuentes, de manera que se distingue entre las que producen altos niveles y por lo tanto son capaces de dañar el órgano de la audición, como los ruidos de origen industrial y de transporte, y aquellas que con niveles más bajos pueden molestar y afectar la salud psico-somática del individuo y a sus interacciones, como sucede con los ruidos propios de las aglomeraciones de población y de ocio (CEE, 1996; Esteban, 2003; García y Garrido, 2003). Con base en estos criterios, se pueden clasificar las fuentes de ruido en fijas y móviles, siendo las principales las siguientes:

- Tránsito vehicular, aéreo y ferroviario.
- Motores y maquinaria (al interior de las industrias).

- Construcciones arquitectónicas y reparaciones de carreteras (taladros neumáticos, grúas, mezcladoras, etc.).
- Actividades de esparcimiento y música estrepitosa (discotecas, fiestas, vendedores ambulantes, etc.)
- Domésticas (aparatos domésticos, animales, etc.)
- Explosiones (minería, extracción de petróleo, construcción civil, etc.).

El tráfico rodado y el ferroviario son considerados fuentes lineales de ruido, que tienen un impacto paralelo al recorrido; el ruido transmitido está relacionado con los parámetros del tráfico y las propiedades de la superficie o la superestructura. En cuanto a la evaluación del ruido del tráfico aéreo, ésta resulta más compleja porque su impacto depende de la altura de las aeronaves, de las características de los motores y de la ruta; aun cuando afecta a un menor número de personas, está considerado como uno de los más molestos. El ruido aeronáutico, cuya fuente principal son los motores de las aeronaves, tiene su mayor impacto durante el despegue y el aterrizaje, y se reconoce generalmente como una fuente significativa de molestia en operaciones relativamente bajas. Generalmente se le relaciona con los movimientos alrededor de los aeropuertos.

De manera particular, el ruido del tráfico rodado puede describirse como constante, especialmente a una cierta distancia de la carretera, mientras que el ruido de los ferrocarriles y las aeronaves se caracteriza por presentar niveles elevados de ruido durante períodos relativamente cortos. Los ferrocarriles generan molestias debido a la propulsión, a la interacción de las ruedas y el carril, a los sistemas de guiado y al flujo aerodinámico; parte importante de su accionar como fuente de ruido se presenta en las estaciones, que generalmente son espacios abiertos donde se producen el calentamiento de locomotoras, el arranque o los anuncios de megafonía. En cuanto al tráfico aéreo, la afectación se produce en determinadas zonas de las ciudades o de núcleos periféricos; los problemas de ruido se localizan principalmente en las cercanías de los aeropuertos, pero de no existir una adecuada planificación, la expansión urbana y el incremento del tráfico de aeronaves pueden implicar un mayor número de personas afectadas.

El ruido de las instalaciones industriales, las construcciones y las instalaciones dedicadas al esparcimiento son consideradas como fuentes fijas, que transmiten desde una fuente puntual, siendo su forma de exposición generalmente circular. El ruido transmitido se relaciona, principalmente, con la potencia de la instalación. Según su naturaleza, el ruido de estas fuentes puede ser constante durante largos períodos o fluctuar considerablemente y aumentar en determinados períodos.

Los centros industriales son fuentes de ruido, en especial debido a la utilización de maquinaria y transporte, y los problemas se presentan cuando estas instalaciones quedan incorporadas al tejido urbano residencial, de manera que las actividades de pequeñas industrias y comercios, especialmente las situadas en los cascos antiguos de las ciudades, pueden ser motivo de molestias por ruido. Las principales actividades productoras de ruido son:

- Las realizadas por pequeños comerciantes.
- Los trabajos caseros en el marco del denominado trabajo negro o economía sumergida.
- El uso de máquinas en talleres artesanos.
- El uso de frigoríficos en tiendas, camiones, etc.
- La presencia de equipamientos diversos: ventiladores, extractores de humos, bombas de calor, etc.

Por otra parte, cuando el ruido es causado por equipos que no están relacionados con una infraestructura fija como las carreteras o industrias, resulta más difícil su evaluación y posterior reglamentación debido a que estos equipos suele ser utilizado en diversos lugares y en diferentes horas por personas diferentes.

El ruido provocado por las obras públicas es posiblemente uno de los que más molestias genera, pero su repercusión se ve mitigada por el hecho de que salvo en contingencias, se producen sólo durante el día y en horarios laborables, por lo que generalmente las personas pueden descansar por la noche. Otro factor que contribuye a mitigar sus molestias es la sensación, por parte de los vecinos, de que las actividades que las producen son necesarias para mejorar el entorno.

En cuanto al ruido doméstico, éste suele asociarse a las actividades cotidianas que se dan al interior de las edificaciones e incluye, entre otros, al ruido de los animales, las alarmas y los equipos de aire acondicionado. A pesar de que es considerado como un problema importante, también es algo con lo que los residentes han aprendido a vivir. Las fuentes de ruido internas ocasionan en general una molestia menor que las externas y su percepción suele vincularse a los niveles de aislamiento acústico de las viviendas, pues cuando éste resulta inadecuado difícilmente se puede lograr un confort acústico. Las fuentes más significativas son las voces de los vecinos y las obras dentro del edificio; cuando el ruido procede de la propia vivienda, la molestia es aún menor, siendo los ruidos de cañerías y cisternas, así como los electrodomésticos los que más molestias ocasionan (Martín *et al.*, 2003).

La modalidad de contaminación acústica generada por los locales de ocio, y en general por la ciudadanía en momentos de esparcimiento, se ha desarrollado debido al crecimiento que ha experimentado en los últimos tiempos el sector del ocio, y también por la generalización de otras formas de uso de los espacios públicos.

En general, aun cuando todas las fuentes son importantes y requieren de control, quizá el ruido producido por el tráfico de vehículos sea la fuente principal de contaminación acústica (García y Garrido, 2003; COITT, 2008; Ajuntament de Barcelona, 2010) pese a no ser la que más denuncias produce porque los ciudadanos no sienten que se pueda hacer algo para solucionar el problema, ya que los medios de transporte que generan el tráfico configuran el ambiente ordinario de los núcleos residenciales, en donde la intensidad de éste es función de la necesidad de movilidad. Según García y Garrido (2003) el tránsito vehicular, en especial en las grandes ciudades, genera aproximadamente el 80% de la contaminación acústica mientras que otras fuentes en conjunto, como la actividad industrial

(10%), el tráfico por ferrocarril (6%), y los aeropuertos, bares, discotecas y lugares de esparcimiento (4%), lo hacen en un 20%.

1.6 Efectos de la contaminación acústica

La sociedad actual se desarrolla cuantitativa y cualitativamente diferente con respecto a otras épocas, de manera que hasta fechas recientes el ruido fue una preocupación secundaria respecto a otros tipos de contaminación; por encontrarse vinculado a actividades cotidianas, muchas de ellas indispensables, se llegó a considerar que era una consecuencia del progreso con la que se tenía que convivir. En la actualidad, para un sector creciente de la población, el ruido es percibido como uno de los factores más negativos de la calidad de vida en las ciudades (García y Garrido, 2003; Vida *et al.*, 2006; López Barrios, 1998; Martimpuqués *et al.*, 2003; Herranz *et al.*, 1999; Marmolejo, 2008).

El ruido es un contaminante barato, pero complejo de estudiar: al cesar la fuente desaparece, no deja residuos, no tiene efecto acumulativo y no se traslada en el ambiente (Martínez, 2005); además, la simple medición de la energía acústica presenta limitaciones si no se traduce a una reacción biológica o psicológica en las personas, por lo que resulta significativo que en ámbitos diversos se realicen inversiones considerables para lograr condiciones de silencio, aun cuando la relación entre el ruido y sus efectos en las personas no siempre es explícita. Como señalan García y Garrido (2003), *“es la posibilidad de que el ruido ambiental provoque efectos negativos sobre la salud humana lo que ha estimulado en gran medida las investigaciones en este campo, de manera que la mayoría de los estudios se han centrado en conocer cuáles son los niveles de contaminación acústica del medio ambiente y en qué medida afectan a la salud y al bienestar de las personas”*. Por lo tanto, el estudio de la contaminación acústica involucra campos muy diversos como la física, la psicología, la medicina, la sociología o el urbanismo, lo que implica conjuntar aspectos de tipo técnico relacionadas con las ciencias naturales, con otros de carácter socioeconómico y político.

Los efectos del ruido son difíciles de cuantificar, dado que la tolerancia de los individuos ante los diferentes niveles y tipos de ruido varía considerablemente (CCE, 1996, COITT, 2008). Esta condición está altamente relacionada con las normas de comportamiento personal, por lo que es probable que la valoración que se realiza varíe considerablemente en función de las circunstancias locales; en algunos países escandinavos, la provisión de un alto nivel de aislamiento acústico en las edificaciones puede reflejarse en una aparente menor preocupación por el ruido, mientras que en los países del sur el estilo de vida mediterráneo y los sistemas de aislamiento menos eficientes pueden haber conducido a una mayor tolerancia a este contaminante (DEFRA, 2002). Sin embargo, a pesar de las aparentes diferencias, la documentación científica sobre contaminación acústica muestra que las personas expuestas a este contaminante pueden experimentar afectaciones que, de manera general, pueden dividirse en daños a la salud, interferencias en el rendimiento y molestias.

1.6.1 Efectos en la salud

Los efectos del ruido sobre la salud pueden ir desde una pérdida progresiva de audición, hasta alteraciones de la presión arterial, del ritmo cardíaco y de los niveles de segregación endocrina, insomnio, cefaleas crónicas y reducción de la capacidad sexual. Con su presencia aumenta la posibilidad de sufrir infartos e incide sobre los estados de estrés e irritabilidad.

1.6.1.1 Efectos en la audición

Melnick⁸ considera que aun cuando los efectos del ruido sobre la audición no se han definido con precisión, existe evidencia suficiente del daño que éste puede producir sobre la sensibilidad auditiva, daño que puede ser temporal cuando el oído se recupera después del estímulo acústico, o permanente cuando no lo hace completamente. Las lesiones que se pueden presentar van del enmascaramiento de la audición, la disminución del nivel de audición de una persona por debajo de lo normal o en casos extremos, la pérdida de la audición (Cenfor y Villacampa, 2006).

La exposición prolongada a cualquier ruido por encima de 90 decibeles puede causar una pérdida gradual de la audición; a 100 decibeles, se recomienda menos de 15 minutos de exposición sin protección y a 110 decibeles, la exposición regular de más de un minuto puede producir pérdida de la audición permanente. A pesar que las cifras sobre la población expuesta a niveles de ruido perjudiciales puedan resultar contradictorias, la información disponible resulta alarmante, pues se estima que hay en el mundo 120 millones de personas que tienen dificultades auditivas graves y que una población de 500 millones de personas se encuentra expuesta a altos niveles de ruido de manera constante (García y Garrido, 2003).

1.6.1.2 Efectos no auditivos

Los efectos no auditivos del ruido son a menudo complejos y actúan con cierta sutileza. Generalmente se manifiestan de forma indirecta, por esta razón se asume que muchos de los efectos de la contaminación acústica son el resultado de la interacción de diversas variables personales y ambientales (Martimortugués *et al.*, 2003). La generación de un ruido brusco puede estimular los sistemas inconscientes de alerta y al sistema simpático que preparan a las personas para la acción, lo que motivaría un mayor nivel de tensión arterial. Ese aumento de tensión arterial, sumado a otros factores, aumentaría la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Esteban, 2003; García y Garrido, 2003; Cenfor y Villacampa, 2006; COITT, 2008).

Además, el ruido es un agente estresante: el estrés orgánico supone una serie de cambios hormonales y estructurales, (aumento de la adrenalina, estimulación de neurotransmisores, sobrecarga, etc.) que significan un peligro para la salud. Asimismo, el ruido debilita el sistema inmune porque baja las

⁸ En Harris, 1995. Págs. 18.1-18.21

defensas para preparar al cuerpo humano para otro tipo de agentes externos; puede agravar otras patologías existentes y hacer emerger una enfermedad que en otra circunstancia no lo haría, por tanto, cada individuo presenta una respuesta diferente.

En términos generales, los conocimientos actuales permiten llegar a la conclusión que la exposición al ruido ambiental podría actuar como una fuente de tensión sobre la salud medible en términos de, por ejemplo, presión arterial, ritmo cardiaco, vasoconstricción y niveles de segregación endocrina (Jansen en Harris, 1995; CCE, 1996).

1.6.2 Efectos en el rendimiento humano

Se ha escrito mucho sobre los efectos fisiológicos del ruido, pero también se han observado y estudiado los efectos en el rendimiento y la productividad de las personas. Estos efectos, sin llegar a deteriorar la salud, sí pueden afectar negativamente el régimen ordinario de vida, ya que la presencia de ruido puede incidir en los estados de estrés e irritabilidad, lo que a su vez puede reflejarse en la capacidad de concentración y aprendizaje, en la productividad, la siniestralidad laboral e incluso en los accidentes de tráfico.

Inicialmente, existen diferencias con las molestias y los efectos fisiológicos: la persona podría presentar una reacción violenta o un cambio fisiológico ante la presencia de un ruido, pero este estado podría no afectar la eficacia en el desarrollo de las actividades, en tanto que la eficiencia puede disminuir aunque la persona considere que se encuentra en un ambiente aceptable. Este grado de independencia previene contra el estudio exclusivo de los entornos en donde existen quejas, pero también contra el descuido de aquellos ambientes en donde no existe evidencia de cambio en el rendimiento.

Los sonidos, dependiendo de la exigencia de la tarea y el tipo de estímulo auditivo, producen una serie de efectos tanto positivos como negativos en el rendimiento. El nivel de familiaridad con el trabajo, el grado en que la tarea requiera de la comunicación verbal, el tiempo de ejecución, entre otros, determinan el grado de alteración que los sonidos pueden causar. Cuando el ruido es esperado y familiar, es improbable que incida en el rendimiento, lo que es especialmente cierto si la tarea no es exigente; por lo general, el rendimiento decae cuando se oye un sonido por primera vez; sin embargo, cuando se pasa de silencio a ruido, o viceversa, se provoca un deterioro temporal del rendimiento⁹.

En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en las personas que no han estado sometidas al ruido, ya que con su presencia crece el nivel de activación del sujeto y esto, que en un principio puede ser ventajoso, en cierto tipo de tareas resulta perjudicial por la sobreactivación y el consecuente descenso en el rendimiento. En cuanto a la atención, si hay que realizar más de una tarea, el ruido la focalizará hacia las más importantes, en detrimento de aquellas consideradas de menor

⁹ Jones y Broadbent en Harris, 1995. Pág. 24.1-24.24

relevancia; la eficacia de un elemento de la ejecución puede mejorar con el ruido a costa del de menor prioridad, al que no se responderá o se hará lentamente.

En la industria, cuando los trabajadores son expuestos a ruido, podría reducirse la productividad y aumentar la siniestralidad, pero sólo con niveles sonoros por encima de 95 dB(A); en éste caso la ponderación es (A), que fue creada para modelar la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad.

1.6.3 Molestia

Un efecto menos específico, pero igual de importante que los anteriores, del ruido ambiental es que perturba y molesta a las personas. Cuando las personas se encuentran expuestas a niveles elevados de ruido de manera prolongada y repetida, se considera que existe un empeoramiento general de la calidad de vida, dando lugar a lo que comúnmente se denomina molestia (Vida *et al.*, 2006). La molestia, definida como un *“sentimiento de desagrado asociado con cualquier agente o condición que se sabe o se cree que afecta de manera adversa”*¹⁰, ha sido considerada por algunos autores como el mayor efecto comunitario del ruido.

Otras definiciones de la molestia ocasionada por el ruido la describen como una actitud adversa ante la exposición a este contaminante. Desde el punto de vista de la conducta, se dice que el ruido es molesto si la persona intenta evitarlo (Harris 1995). En el Real Decreto 1367/2007, la molestia es definida como el grado de perturbación que provoca el ruido o las vibraciones a la población, el cual se determina mediante encuestas sobre el terreno.

La molestia entonces, es un proceso mental encubierto por determinantes acústicos y no acústicos (adaptación, grado de implicación en las actividades, actitudes, etc.). No es una conducta, como podría serlo una queja (motivada, o no, por una molestia) y tampoco es una sensación del tipo de la sonoridad, totalmente libre de influencias cognitivas y emocionales. Medir la intensidad física del ruido no es suficiente para conocer la reacción de molestia producida; no existe un óptimo ruido objetivo, sino un límite de tolerancia, que varía con las circunstancias, la peculiaridad de cada individuo y la cultura de cada grupo social (García y Garrido, 2003; Andrés, 2003; Martimportugues, 2003; Ajuntament de Sitges, 2004; Moreno *et al.*, 2005).

Al estudiar la molestia, la cantidad de matices y singularidades que posee hacen que su valoración sea muy compleja, ya que se intenta relacionar la percepción subjetiva con magnitudes objetivas. La exposición a diversas fuentes de ruido es continua, sin embargo las personas difieren significativamente a la hora de manifestar las molestias que estos sonidos les producen. Según Rall y Miyara (2000, p. 3):

“cada persona tiene necesidades sonoras particulares, variables según momentos y circunstancias. La única forma de que un sujeto pueda alcanzar placer auditivo es disponiendo del suficiente silencio como para permitirle escuchar los sonidos que le agradan, sin interferencias y

¹⁰ Berglund y Harder, en Germán y Santillán, 2003

cuando lo desee. Desde este punto de vista, las molestias auditivas ya no deberán asociarse sólo con el tipo, nivel y duración del ruido, puesto que hay otros aspectos no fácilmente mensurables que deben ser tenidos en cuenta. Por ejemplo, es sabido que entre sonidos físicamente semejantes resultan mucho más ofensivos aquellos que se supone fueron generados intencionalmente, o los que suceden cerca (es una invasión al espacio acústico propio) o muy lejos (supone una fuente muy poderosa que produce inquietud)”.

Con este contexto, se ha establecido que la molestia se origina cuando se presenta la exposición repetida y prolongada a niveles elevados de ruido que interfiere en las labores cotidianas, así como en los períodos de descanso; la sensación de molestia resulta, por ejemplo, de la alteración del sueño y de la interferencia en la comunicación.

Las molestias ocasionadas por el ruido comprenden, entonces, las interferencias en diversas actividades desarrolladas en la vivienda, las alteraciones en el sueño y el sentimiento general de malestar. Por su carácter subjetivo, el método más extendido para caracterizar la molestia por contaminación acústica de una población determinada es la realización de una encuesta diseñada específicamente a tal efecto (CCE, 1996; Vida *et al.*, 2006); de esta herramienta se extrae que sus manifestaciones más comunes son el entorpecimiento de la comunicación, las alteraciones en la conducta y la alteración del sueño.

Las interferencias en la comunicación se presentan cuando los niveles del ruido existentes no permiten mantener una conversación de manera fluida. A partir del momento en que el nivel de ruido alcanza 70 dB (A) al interior de los edificios se obliga a los inquilinos al cierre de ventanas si desean mantener una conversación. Por regla general, se aceptan niveles de ruido en los hogares que no exceden de 40-45 dB (A), niveles que a menudo son superados por causa del ruido del tráfico, incluso con las ventanas cerradas. Otras de las actividades que resultan seriamente afectadas por el ruido son la lectura y el estudio; para poder realizarlas de manera adecuada, estas actividades precisan un alto nivel de atención y concentración, por lo que, incluso, niveles de ruido relativamente bajos pueden perturbarlas, deteriorando el rendimiento en dichas actividades.

También, como se ha mencionado, la presencia de ruido puede producir alteraciones en la conducta que, al menos momentáneamente, puede hacerse más indiferente, más agresiva o irritable, generando además sensación de molestia general. A mediados de los años 80, la OCDE (CCE, 1996) presentó los siguientes valores como umbral de ruido molesto (L_{Aeq} en periodo diurno):

- a partir de 55-60 dB (A) el ruido causa molestia;
- entre 60-65 dB (A) la molestia aumenta considerablemente;
- por encima de 65 dB (A) surgen perturbaciones de los modelos de comportamiento, sintomáticas del daño grave causado por el ruido.

La Organización Mundial de la Salud ha sugerido un valor estándar de orientación para los niveles medios de ruido al aire libre de 55 dB (A), que se aplica durante el periodo diurno con objeto de evitar interferencias significativas con las actividades normales de la población local.

Pero el flanco por el que el ruido puede causar molestia de manera más evidente es a través de la alteración del sueño. Los ruidos que imposibilitan o interrumpen el descanso afectan al cerebro en primer término, pero también al resto del organismo, llegando a provocar alteraciones en el ritmo cardiaco y respiratorio; estudios realizados muestran que se produce irritabilidad o síntomas tales como cansancio, dolor de cabeza y problemas de estómago cuando el tráfico nocturno es denso y se superan los valores recomendados (Andrés, 2003). Las perturbaciones del sueño empiezan con niveles de ruido de 30 dB(A) si el ruido es continuo y cercano. Sin embargo, para garantizar el sueño es necesario que los niveles máximos de presión acústica no excedan los 45 dB(A), mientras que sonidos del orden de los 60 dB(A) reducen la profundidad del sueño.

Por la importancia que tiene, diversas investigaciones se han ocupado de estudiar la molestia ocasionada por el ruido. Germán y Santillán (2006) indican que para el caso de la vivienda, el ruido ambiental produce perturbación en la concentración mental y en las actividades de comunicación (hablar por teléfono o conversar con otras personas en la misma vivienda, escuchar radio o televisión), trastorno del sueño, y molestia en general. Por otra parte, Martimortugués *et al.* (2003) concluyen que la clase social, el tiempo de residencia y el nivel de estudios concluido son las variables que más discriminan los efectos del ruido; su estudio también muestra la dependencia existente entre la molestia por ruido y la percepción del entorno físico de la vivienda.

Martín *et al.* (2003), en un estudio realizado en la ciudad de Valladolid, analizaron la frecuencia con que se veían afectadas algunas de las actividades realizadas por los encuestados, encontrando que la mayor incidencia estaba en el sueño nocturno y la siesta, en la escucha de aparatos audiovisuales, en la capacidad de concentración y la conversación. En el caso del sueño nocturno, la perturbación por el ruido era muy importante, ya que casi el 21% había sido afectado muy a menudo o a menudo, porcentaje que se incrementó hasta 46 % al incluir la respuesta “a veces”.

En el documento “*La percepció social del soroll a Sitges*” (Ajuntament de Sitges, 2004), los autores concluyen que en primera instancia los ruidos que más molestia generan son los que se producen durante las horas de descanso. Algunos de los ruidos más molestos son aquellos que implican un sobresalto, es decir, ruidos estridentes que surgen en un momento determinado como el de una motocicleta o un grito a medianoche, o los considerados como “innecesarios”, como la música estridente en los vehículos.

Vida *et al.* (2006) en un estudio que evaluó la respuesta ante la contaminación acústica en la ciudad de Granada, encontraron que el ruido ambiental produce interrupciones en actividades cotidianas realizadas por los ciudadanos, y que el grado de afección aumenta a medida que la actividad requiere un mayor nivel de concentración. El 44,2 % de los encuestados declaró que la lectura o el estudio se veían

interrumpidos a menudo o muy a menudo, el 35,7 % manifestó sufrir interferencias en la escucha de televisión y radio con esa misma frecuencia, mientras que el 35,44% de la población a nivel global del distrito reveló sufrir alteraciones en el sueño nocturno a menudo o muy a menudo.

1.6.4 Algunas repercusiones económicas: el cambio de valor de la vivienda

Más allá de los resultados fisiológicos y psicológicos que el ruido produce en las personas, los efectos de este contaminante también tienen una clara traducción económica.

Según Harris (1995), el ruido es un problema de gran importancia para la sociedad actual ya que al presentarse altos niveles de este contaminante, se ocasionan molestias que se pueden traducir en pérdidas económicas por los daños en la salud de las personas, por la reducción en la productividad o por las demandas legales que produce. Pero si se considera que el confort acústico se vuelve indispensable en una edificación debido a que el ruido puede generar molestias, interferir en el sueño o incidir en el desarrollo de ciertas enfermedades y malestares que van en detrimento del rendimiento de las personas (Simancas, 2003), es posible establecer otro coste económico al ruido.

El habitar un espacio confortable es de gran importancia para la mayoría de la gente ya que la vivienda es un lugar para el descanso y la relajación, en otras palabras, un espacio en el que se busca aliviar el estrés producto de las exigencias de la vida cotidiana; los estudios de Low *et al.* (2008), Öhrström *et al.* (2006) y Smith *et al.* (2006) demuestran que las características espaciales y acústicas son muy importantes al momento de evaluar el desempeño de las edificaciones.

En este sentido, un medio para lograr un nivel adecuado de confort consiste en trabajar en el diseño acústico de la edificación, controlando con ello el ruido y las molestias consiguientes. Para ello se hace necesario el replanteamiento del edificio en función de la relación que guarda con su entorno, y pensando en que las mejoras que han de disponerse se darán al interior o al exterior del mismo (Daumal, 2003).

Este proceso de diseño eficiente no necesariamente requiere de gran inversión económica, sin embargo numerosas investigaciones demuestran que los efectos del ruido se reflejan en el valor de los inmuebles e infraestructuras, ya sea por la pérdida del mismo cuando se ven afectados por este contaminante, o por los costes de las medidas que se implementan para mitigar sus efectos (Daumal y Gortari, 2006; Nijland y Van Wee, 2008; Marmolejo y Romano, 2009).

El metanálisis de Navrud (2002) provee evidencias de la gran cantidad de literatura sobre valoración del ruido y proporciona una amplia gama de estimaciones de daños en diferentes formas de medición; a pesar de la dificultad de establecer una comparación entre las distintas técnicas de valoración y las poblaciones analizadas, el autor concluye que las estimaciones proporcionan puntos de referencia útiles para entender la magnitud de los costes del ruido asociados principalmente a los sistemas de transporte.

Saz (2004), en su estudio sobre los costes del ruido asociado a los sistemas de transporte rodado en España, estableció una posible relación positiva entre la disposición a pagar y las molestias percibidas por las personas que participaron en la investigación. Su planteamiento consistió en proponer como posible medida de mitigación la construcción de pantallas acústicas en una autopista específica. En sus resultados presenta al valor obtenido como una mera aproximación al coste real del ruido que invita a la reflexión, el diseño y aplicación de políticas de gestión urbana más sostenibles.

Para estimar la disposición a pagar por reducir los niveles de ruido en el contexto residencial chileno, Galilea y Ortúzar (2005) utilizaron un conjunto de atributos que suponen determina la elección del lugar de residencia. Entre sus hallazgos están que la exposición al ruido es uno de los factores primordiales a tener en consideración cuando se elige una vivienda y que las personas están dispuestas a realizar obras de mejora en la vivienda para incrementar el aislamiento (principalmente mediante el uso de doble acristalamiento).

Rocha y Carvalho (2005) estudiaron la molestia subjetiva causada por el ruido de las vías regionales de alta velocidad que cruzan la zona de expansión urbana de Oporto. Para evaluar los efectos del ruido, realizaron un estudio socio-acústico con 5000 consultas por correo (800 respuestas): los resultados reportaron un alto porcentaje de personas muy molestas o extremadamente molestas (44%) por los niveles de ruido. Los residentes más cercanos manifestaban problemas de salud, falta de aislamiento y reducción en el precio de mercado de la vivienda. En relación con las inversiones en aislamiento de acústico para las viviendas, algunas familias reconocieron haberla hecho, pero los investigadores no pudieron estimar su coste por falta de información.

En Hong Kong, Li *et al.* (2009) establecieron una relación dosis-efecto para estimar la disposición a pagar por reducir los niveles de ruido en el contexto residencial. Los autores analizan un conjunto de atributos, entre los que se encuentra la molestia asociada a los niveles de ruido, para establecer las preferencias residenciales de los habitantes de la ciudad. Sin ser precisos en la forma que ofrecen la reducción, los resultados estadísticos confirmaron que los encuestados consideran como uno de los principales atributos el grado de molestias asociado al ruido y que en función de éste estarían dispuestos a pagar por mejorar las condiciones acústicas de las viviendas que habitan.

Gortari (2010), con la realización de un estudio que se centra en cómo se percibe el entorno sonoro en los espacios urbanos, comprobó que la mayoría de la población considera muy importante el entorno sonoro de una futura vivienda, y que incluso estaría dispuesta a pagar más por ella si le proporciona mejores condiciones acústicas.

De aquí se puede concluir que las personas ponen especial interés en los lugares que habitan o en los que trabajan, lo que se refleja en el uso de espacios con mayores estándares de calidad, elecciones que en algunas ocasiones tienen relación con obtener un reconocimiento a su desempeño y como un símbolo de estatus. En el caso de la vivienda, es esencial que el entorno ofrezca oportunidades para los

procesos de restauración (Gidlöf-Gunnarsson, 2007), aun cuando lo anterior se vea reflejado en el precio del inmueble.

1.7 Control del ruido

Cuando se ha establecido las principales interacciones entre los componentes del mensaje sonoro, es posible establecer los mecanismos para su control. Harris (1995) define al control del ruido como la tecnología para obtener un ruido ambiental aceptable, de acuerdo a consideraciones económicas y operativas; debido a la complejidad de las consideraciones incluidas y a que las condiciones pueden cambiar en el tiempo, no existe un medio técnico que pueda ser implementado de manera genérica, sin embargo hay tres planteamientos básicos para reducir o controlar la exposición al ruido ambiental:

- I. Control en la fuente: reducción del ruido de máquinas, motores, contacto de neumáticos y superficie, reducción de las velocidades y reducción del volumen de tráfico y la utilización de equipo.
- II. Control en la vía de transmisión: limitar la transmisión colocando barreras entre la fuente y las personas afectadas.
- III. Uso de medidas protectoras en el receptor: reducción del ruido en el punto de recepción a través de, por ejemplo, el aislamiento de los ruidos en los edificios.

Para delimitar el ámbito de estudio, y sin intentar restar importancia a otras medidas, esta investigación se enfoca en la implementación de los instrumentos normativos que se aplican en años recientes en la construcción de viviendas.

Relacionado al concepto de control, se encuentra el de desempeño acústico -qué tan eficientemente se controlan el ruido y las vibraciones en un espacio-, condición que depende tanto de la localización de la edificación, la calidad de los materiales y su aplicación, como del propio diseño interior; con el desempeño acústico adecuado se busca que:

- i. El ruido exterior se reduzca, pues es uno de los principales distractores durante la realización de actividades. Los elementos verticales exteriores de la edificación tienen la función primaria de contenerlo, por lo que el sistema y sus materiales deben de ser capaces de reducirlo o eliminarlo.
- ii. Se minimice el ruido interior; la comunicación al interior de los recintos no puede evitarse, por lo que debe ser mantenido en niveles que no molesten a otros y se considera necesario mantener la privacidad en las conversaciones. El diseño interior y el uso de materiales adecuados contribuye con este objetivo.
- iii. Evitar las molestias producidas por los servicios de la edificación, por lo que las instalaciones deben de ser ubicadas teniendo en cuenta los espacios donde la calidad acústica debe de ser mayor.

- iv. Se reduzcan las vibraciones: esencialmente el ruido se transmite por vibraciones a través de los materiales sólidos y del aire, por lo que debe evitarse los puentes que faciliten la transmisión entre elementos. De nueva cuenta, para conseguir este objetivo, es fundamental el uso adecuado de los materiales.

El desempeño acústico tiene que ver con requerimientos psicológicos, fisiológicos, sociológicos y económicos, los cuales contribuyen con los siguientes objetivos:

- Psicológicos: Relacionados a las condiciones que propicien la realización de las actividades cotidianas.
- Fisiológicos: Relacionados a la necesidad de evitar daños físicos en los ocupantes, además de facilitar las actividades de comunicación y lectura.
- Sociológicos: Contribuyen al bienestar de la comunidad, al facilitar la convivencia entre las personas.
- Económicos: Vinculado tanto a los costos iniciales como de mantenimiento del sistema que es necesario para obtener un adecuado desempeño; implica que los recursos sean aplicados de la manera más eficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios, lo cual incide en la relación coste-beneficio de las medidas impuestas para mejorar el desempeño de la edificación (Smith *et al.*, 1982; Lundberg y Frankenhauser en Low *et al.*, 2008).

En general, los instrumentos desarrollados para lograr un desempeño acústico adecuado incluyen normas de emisión para fuentes individuales fijadas en la legislación, normas de emisión basadas en criterios de calidad, planificación del uso del suelo, medidas de infraestructura, instrumentos económicos, procedimientos operativos, investigación y desarrollo y acciones de educación e información. Las normas de inmisiones están basadas en criterios de calidad acústica o en valores de orientación para la exposición al ruido que deben aplicarse a situaciones específicas y que normalmente se incorporan a los procedimientos de planificación. En cuanto a las medidas infraestructurales de reducción del ruido, existen básicamente dos categorías: las que limitan la transmisión del ruido como los muros de protección, túneles, zanjas, o la protección pasiva de edificios mediante el aislamiento; y las que pueden contribuir a la reducción del ruido en la fuente mediante, por ejemplo, proyectos de revestimiento de las calzadas o los carriles ferroviarios (CCE, 1996).

A través de estos instrumentos, se puede apreciar que el silencio es un bien público en el que la administración pública juega un papel importante en su provisión, y que el uso individual o combinado de estos instrumentos depende tanto de la reducción requerida, como de las consideraciones económicas y operativas específicas. No se debe perder de vista que en la solución de un problema específico de control de ruido, *“hay que evaluar el beneficio específico que se gana con la aplicación de cada técnica desde el punto de vista del sistema y compararlo con su coste”* (Harris, 1995); en esta labor, el análisis de la rentabilidad es considerado fundamental para la gestión.

1.7.1 Medidas infraestructurales: control del ruido en la vivienda

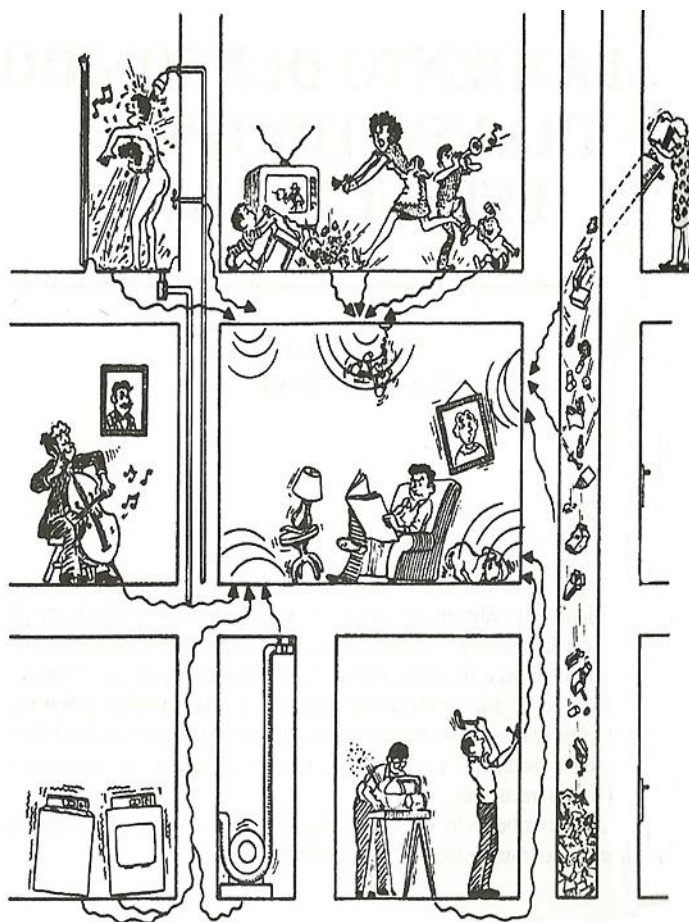
A pesar de que un espacio acústicamente agradable predispone a la persona a permanecer más tiempo en él por el estado de tranquilidad que genera, por estimular la concentración (hace más efectivo el trabajo en oficinas y áreas de estudio) y mejorar la privacidad (mantiene con ello la convivencia entre vecinos), hasta fechas recientes la atención que se prestaba al confort acústico no había sido significativa (Frías en Promateriales, 2011). Daumal (2002) menciona que: *“la acústica es, quizás, una de las ciencias menos aplicadas hasta el momento como herramienta de diseño en los espacios arquitectónicos y urbanísticos”*.

Como se ha mencionado, la vivienda es un lugar para el descanso y la relajación, espacio en el que se busca aliviar el estrés y las exigencias de la vida cotidiana, por lo que es esencial que el entorno de la vivienda ofrezca oportunidades para los procesos de restauración (Gidlöf-Gunnarsson, 2007); actualmente, cuando las condiciones lo permiten, las personas ponen especial interés en los espacios que habitan, lo que se refleja en el uso de espacios con mayores estándares de calidad.

En este sentido, el diseño acústico que hasta hace poco tiempo era una preocupación secundaria, empieza a tener una importancia que incluso se refleja en la aplicación de una normativa más rigurosa, como ya ha sido mencionado; el planeamiento, las disposiciones y el uso de materiales que permitan lograr espacios confortables en los que no se produzcan disfunciones es ahora una

exigencia. Con la implementación de las medidas contenidas en el DB-HR se espera generar espacios de buen desempeño acústico, más “saludables”, ya que una mejora en los niveles de aislamiento y absorción acústica se traduce a su vez en un mayor confort (Daumal y Gortari, 2008).

Ilustración 1.2 Fuentes habituales de ruido en edificios y vías de transmisión



Fuente: Harris, 1995

1.7.1.1 Aislamiento acústico

Aun cuando las medidas de control infraestructurales se pueden aplicar en los diversos componentes del mensaje sonoro, por las características de ésta investigación se presta especial atención al aislamiento acústico que se aplica a la vivienda, tal como lo indica el DB-HR.

Con la creciente presencia del ruido en los espacios urbanizados y con una sensibilidad mayor por parte de la sociedad, las personas exigen cada vez más un mayor nivel de confort acústico en la vivienda; ante ese requerimiento, el método principal de control de propagación del sonido es el aislamiento acústico. Para Daumal (2002), con el conjunto de acciones tomadas para aislar acústicamente un recinto se consigue que la diferencia de niveles de sonido entre la fuente y el receptor sea la que se considera aceptable para su uso, mientras que Casas (2011; p. 52) considera que *“aislar acústicamente una vivienda, industria o local comercial es muy importante para el nivel de confort que percibirá el usuario. Este hecho se valorara especialmente cuando el aislamiento es insuficiente y genera molestias”*¹¹.

Para explicar el concepto, se parte de una realidad física: cuando las ondas sonoras chocan con los elementos constructivos estos vibran, de manera que una parte de la energía es absorbida, otra reflejada y otra transmitida al aire situado del otro lado de la superficie, generando con ello sonido. El concepto de aislamiento informa sobre la proporción de energía transmitida respecto a la incidente (Machimbarrena, 1999).

Dada esta condición, una forma sencilla de combatir el ruido es interponer una masa suficiente (ley de masas) entre la fuente emisora y el recinto receptor, y cuando no es factible alcanzar la cantidad de masa necesaria, se puede complementar con materiales que aporten en la respuesta acústica. Aquí es importante diferenciar entre aislamiento y absorción acústica: aislamiento es impedir la propagación de la energía acústica incidente y absorción es transformar parte de la energía incidente en calor.

En función de la vía de transmisión del sonido, que puede ser aérea o estructural, se definen dos tipos de aislamiento para una misma superficie: aislamiento a ruido aéreo y aislamiento a ruido de impacto.

Los materiales acústicos son aquellos que por sus propiedades aportan una mejora a la solución constructiva desde el punto de vista acústico; estas propiedades pueden ser:

- Masa superficial elevada: Posee un buen desempeño según la ley de masas, que habla del aislamiento proporcionado por un cerramiento; el aislamiento aumenta cerca de 6 dB cada vez que se dobla la masa o la frecuencia del sonido incidente; es más fácil aislar las frecuencias agudas y siempre es necesario un mínimo de masa para lograr cierto aislamiento. En este sentido, Smith *et al.* (2006) encontraron que el nivel de desempeño de los elementos verticales y horizontales mejoraban en 10 dB cuando se aplicaban detalles robustos (RSD por sus siglas en

¹¹ En Promateriales, 2011

inglés) en su construcción, lo que puede significar un incremento en el nivel subjetivo de aislamiento experimentado previamente.

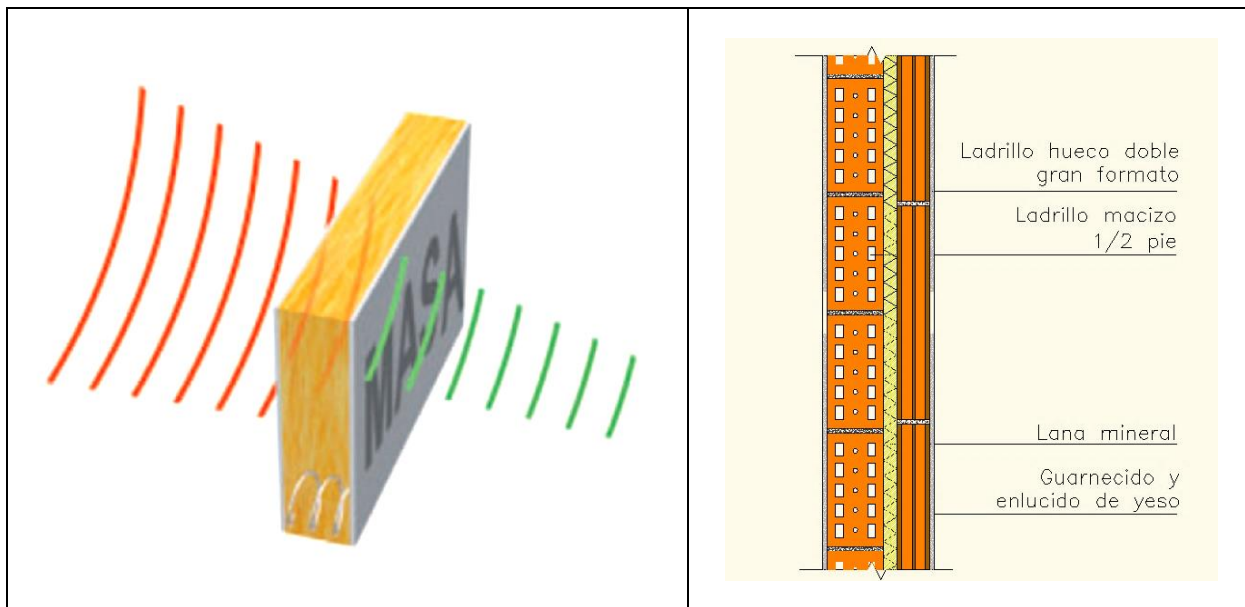
- Porosidad abierta: Material con absorción elevada y que reduce la reverberación del recinto.
- Elasticidad elevada: Material que posee una rigidez dinámica muy baja, lo que evita la formación de puentes acústicos. Aíslan las vibraciones y golpes de impacto.

Para cerramientos formados por un único material de características de elasticidad y densidad conocidas, la energía pasará tanto por los poros, como en forma de una nueva onda generada por la vibración del propio elemento; en este caso, la atenuación dependerá de la frecuencia del sonido, de la masa del cerramiento y de las condiciones de contorno de la partición.

En cerramientos complejos, constituidos por capas de materiales y cámaras de aire, se crea un efecto masa-resorte (principio que, junto al de masas, rige el aislamiento acústico) en donde parte de la energía de las ondas sonoras se disipa en el interior del elemento, reduciendo la energía sonora transmitida al lado posterior; este tipo de soluciones permite aumentar de forma notable el aislamiento acústico del sistema, reduciendo las dimensiones y peso del elemento en comparación a soluciones tradicionales en las que sólo se coloca un material.

Los sistemas masa-resorte-masa utilizan algunas de las propiedades de los materiales para asegurar buenos niveles de aislamiento acústico entre recintos contiguos, combinando la protección con una rápida y fácil instalación. Básicamente el sistema implica dos hojas separadas por una cavidad que se rellena con un material amortiguador de sonido, como la lana mineral, con lo que se mejora la eficacia del sistema y se incrementa considerablemente el aislamiento (Ilustración 1.3). Tan pronto como las ondas sonoras atraviesen el amortiguador se produce una fricción entre las ondas sonoras y las fibras individuales, originando una transformación de la energía acústica a térmica, con el resultado de transmitir menos energía acústica a través del cerramiento; la adecuada elasticidad del material amortiguador actúa reduciendo la transmisión de vibraciones entre las hojas cuando el sonido atraviesa la solución constructiva. Contrariamente a la ley de masas, el incremento excesivo de la densidad de un material de amortiguación puede llegar a disminuir sus propiedades de aislamiento acústico debido al aumento de la rigidez del sistema.

Ilustración 1.3 Sistema masa-resorte-masa



Fuente: Isover (consultado: 30/01/2012) e Hyspalit

En el caso de las separaciones verticales compuestas, el efecto amortiguador de sonido se logra por la interacción de los componentes, y comparadas con las de una sola hoja, las posibilidades de influir en la eficiencia son superiores, pues los componentes individuales pueden combinarse de forma que las características positivas de los materiales usados se sumen. Un sistema de estas características, además de ser ligero y flexible, también consigue ser, por el material de la cavidad, un buen aislamiento térmico que mejora los resultados obtenidos mediante algunos de los métodos de construcción tradicionales.

Una consideración final es que el aislamiento de un material, o de un conjunto de estos dispuestos de una forma determinada para constituir un elemento constructivo, se obtiene en laboratorio, pero la determinación del aislamiento de un cerramiento sólo puede realizarse *“in situ”*, ya que las condiciones constructivas modifican el aislamiento teórico que se estima en laboratorio; por ejemplo, si el cerramiento presenta agujeros o fracturas (en el caso de las ronzas) las ondas pueden llegar a transmitirse a través de ellas modificando con ello los valores teóricos.

1.7.1.2 Aislamiento acústico y confort

Algunas investigaciones han estudiado la respuesta de las personas ante la presencia, o no, de aislamiento acústico, encontrando lo siguiente: Low *et al.* (2008) basados en el documento titulado *“Code of Practice on Buildable Design”* implementado por la *“Building and Construction Authority”* de Singapur, estudiaron las características espaciales y acústicas de las edificaciones para evaluar su desempeño, encontrando que al crecer las expectativas de los ocupantes en la misma edificación, más énfasis se ponía en la habilidad para construirla de manera eficiente, económica y con niveles agregados de calidad. En el Reino Unido, el estudio dirigido por Smith (2006) analiza las prestaciones ofrecidas por los

cambios en el aislamiento acústico de las viviendas adosadas, encontrando que la modificación de las prácticas constructivas en los elementos mejora las prestaciones de las edificaciones.

Van Praag y Baarsma (2004), en un estudio sobre los costes asociados al ruido producido por la aviación, aplicaron un cuestionario que incluía un indicador global de bienestar subjetivo a una muestra de personas que residía cerca del aeropuerto Schiphol de Ámsterdam. Comparando las respuestas obtenidas entre áreas con distintos niveles de contaminación acústica, los autores encontraron que el bienestar tendía a ser menor entre las personas que residían en una zona ruidosa y en viviendas con mal aislamiento.

Hornikx y Forssén (2007), modelando patios cerrados en el centro de la ciudad de Göteborg, Suecia, estudiaron el efecto de la adición de material de absorción en las fachadas de las edificaciones, encontrando que el material es más eficaz cuando se aplica en la parte superior de las fachadas. Además se encontró que al distribuirlo entre dos fachadas se logra una reducción más grande que cuando se concentra solamente en una fachada. Concluyen que mediante la aplicación de tratamientos de absorción, las bajas frecuencias se pueden reducir de manera más eficaz que las frecuencias altas.

También en Suecia, el estudio encabezado por Öhrström (2006) analizó el efecto que tiene la ubicación de espacios tranquilos (*quiet side concept*) en viviendas, así como mejorar el aislamiento de la cancelería, de manera que se tengan espacios con menor exposición sonora; los investigadores encontraron que las reacciones emocionales y las posibilidades para descansar y relajarse se ven afectadas negativamente por el ruido aéreo producido en el exterior.

En el caso de la autovía reportado por Rocha y Carvalho (2005), las soluciones infraestructurales consideradas fue la suma de diversas acciones propuestas como el uso de pavimentos absorbentes, barreras acústicas, muros recubiertos de materiales de absorción y aislamiento acústico de las fachadas más expuestas; como cabe esperar, la respuesta fue positiva ante la posibilidad de mejorar el confort de las viviendas.

Sin embargo, pese a que las mejoras en los elementos empleados implica un mejor desempeño acústico de la edificación, por las limitaciones en las investigaciones aún existen algunas dudas sobre la eficacia de las medidas asumidas; en el estudio encabezado por Öhrström (2006) no se encontraron diferencias significativas en el grado de molestia expresado entre los individuos que tenían ventanas con triple acristalamiento y aquellos que sólo tenían doble en su sala de estar y dormitorio. No fue posible extraer conclusiones definitivas en cuanto a la calidad acústica que proporciona el aislamiento de los diferentes tipos de ventanas, ya que no se realizaron mediciones al interior. El estudio no permite presentar conclusiones de gran alcance en cuanto a los efectos del aislamiento de las ventanas sobre las molestias que experimentan los individuos, o en cuanto a cómo habría sido si las ventanas que dan a la parte más ruidosa tuvieran aislamiento de muy buena calidad, pero los autores reconocen que otras investigaciones sugieren que el doble acristalamiento permite una reducción algo menor con respecto a las ventanas de triple acristalamiento.

Más allá de las diferencias en los resultados, lo que se puede concluir de los casos anteriores es que el ruido es reconocido por las personas como una fuente de molestias en la vivienda y en los lugares de trabajo que puede ser modificada, de manera que se eviten los numerosos efectos perjudiciales que produce; la necesidad de controlar los niveles de ruido, y de ser posible reducirlos a niveles aceptables, se hace evidente y es aquí donde el aislamiento acústico adquiere importancia para preservar la salud y la intimidad de las personas.

1.7.2 Normas de inmisión

La normativa es un factor muy importante para conseguir los objetivos planteados en el control del ruido; con su correcta implementación y posterior seguimiento –evaluación del desempeño–, se contribuye a generar espacios acústicamente confortables. En edificaciones, además del diseño, el control de ruido se obtiene mediante el uso de instrumentos normativos que se traduzcan en las características físicas de los elementos constructivos que la componen.

A nivel europeo el marco de referencia es la “Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental”; esta directiva tiene como objetivos establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido ambiental, y sentar las bases para elaborar medidas comunitarias que reduzcan los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular vehículos e infraestructuras, así como de equipamiento industrial y maquinaria móvil. En ella se definen las pautas sobre la evaluación y la gestión del ruido ambiental y establece los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción como herramientas básicas para la gestión de la contaminación acústica. En el caso de las pautas de evaluación, aun cuando cada Estado tiene un sistema propio, la directiva marca los indicadores para las molestias generadas durante el día, pero especialmente por la noche, que es cuando se hace especialmente necesario el descanso.

En España, la legislación que trata el problema del ruido ofrece una gama de instrumentos que lo abordan en situaciones diversas (planificación, permisos, ejecución, etc.); con ellos se busca reducir la probabilidad de que se presenten eventos adversos, o de hacerlo, disminuir su severidad. Un instrumento fundamental es la Ley de Ruido 37/2003, que tiene como objetivo *“la regulación de la contaminación acústica para evitar y, en su caso, reducir, los daños que pueda provocar en la salud humana, los bienes o el medio ambiente”*.

Con la aprobación del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, y el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, se transpone la Directiva 2002/49/CE y todos los aspectos relacionados con la evaluación y gestión del ruido ambiental, la zonificación acústica y los objetivos de calidad y emisiones acústicas. Esta normativa aborda de manera global medidas concretas de prevención y actuación frente a la contaminación acústica en el territorio español, de manera que a nivel autonómico y local se cuente con leyes y ordenanzas municipales adaptadas a los requerimientos del marco normativo. Un aspecto

importante que también recoge el Real Decreto 1513/2005 es el referente al contenido de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción derivados.

Los objetivos de calidad acústica están definidos en la Ley 37/2003. En ella se incluye valores límite de los niveles de ruido (Tabla 1.2) y vibraciones (Tabla 1.3), así como sus aplicaciones y repercusiones.

Tabla 1.2 Objetivos de calidad acústica para ruido en espacios interiores habitables ⁽¹⁾

USO DEL EDIFICIO	TIPO DE RECINTO	ÍNDICES DE RUIDO (dB)		
		L_d	L_e	L_n
Uso residencial y Hospitalario	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

(1) Los valores, se refieren a los valores del índice de inmisión resultantes del conjunto de emisores acústicos que inciden en el interior del recinto (instalaciones del propio edificio, actividades que se desarrollan en el propio edificio o colindantes, ruido ambiental transmitido al interior).

Fuente: Ley 37/2003

Tabla 1.3 Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables a espacios interiores habitables

USO DEL EDIFICIO	ÍNDICE DE VIBRACIÓN L_{aw}
Residencial	75
Hospitalario y Educativo o cultural	72

Fuente: Ley 37/2003

Se considera que estos objetivos de calidad acústica se cumplen cuando:

Capítulo 1. Para cada uno de los índices de inmisión de ruido:

- 1.1. No se supera ningún valor fijado en la tabla 1.2.
- 1.2. El 97% de todos los valores diarios no superan en 3dB los valores establecidos.

Capítulo 2. Los valores evaluados del índice de vibraciones L_{aw} , se cumple si:

- 2.1. Para vibraciones estacionarias no se supera ningún valor fijado.
- 2.2. Para vibraciones transitorias se podrán superar un número de eventos según el horario en que se presenten, que los excesos no sean mayores a 5 dB y que en conjunto, las superaciones no sean mayores a 9.

Por otra parte, con la adecuación de la normativa a nivel local, se le da operatividad a la legislación. En Cataluña, por ejemplo, se aprueba la Ley 16/2002, de protección contra la contaminación acústica, y el Decreto 176/2009, por el que se aprueba el Reglamento de dicha Ley y se adaptan sus anexos para regular las medidas que prevengan y corrijan los efectos de este contaminante, además de establecer un régimen de intervención administrativa que incorpora, entre otros, la obligatoriedad de elaborar mapas estratégicos; con el desarrollo del reglamento, entre otros objetivos, se buscaba asegurar que los mapas de ruido fueran suficientemente representativos y comparables entre sí.

Las características más significativas de la Ley fueron la inclusión de los niveles de inmisión, la delimitación del territorio en zonas de sensibilidad acústica en función de unos objetivos de calidad, la regulación de un régimen específico para las infraestructuras de transporte y el establecimiento de medidas para minimizar el impacto acústico en las construcciones existentes afectadas por ruidos y vibraciones; de esta manera con su desarrollo, entre otras, se dan las condiciones para determinar los niveles de inmisión sonora aplicables a diversos ambientes y producidos por distintas fuentes, incluyendo los ajustes que se deben realizar por la presencia de componentes de bajas frecuencias, tonales e impulsivos.

A nivel local, asumiendo que muchos municipios de Cataluña no disponían de regulaciones específicas sobre el ruido y las vibraciones, o que las existentes eran insuficientes o técnicamente desfasadas, en 1995 se aprobó la “Ordenanza municipal tipo reguladora del ruido y las vibraciones” con el objetivo de que se dispusieran de unas prescripciones técnicas comunes que regularan las actuaciones municipales específicas, y que a la vez permitieran las comparaciones a nivel territorial. Entre otras puntualizaciones, la Ordenanza indicaba que los proyectos de construcción de edificaciones adjuntos a la petición de licencia urbanística se justificarían con el cumplimiento de la Norma NBE-CA/88, y que se exigirá que las instalaciones auxiliares de la edificación (ascensores, equipos de refrigeración, puertas metálicas, funcionamiento de máquinas, etc.) cumplieran con algunas normas de funcionamiento para que no transmitieran al interior de la vivienda niveles de ruido aéreo y de impacto superiores o los establecidos en la misma ordenanza. En general, el documento hace hincapié en algunos de los medios para reducir los niveles de las emisiones.

Por su parte, el Ayuntamiento de Barcelona ha actualizado el título correspondiente al ruido de la Ordenanza General del Medio Ambiente Urbano (OGMAU) con el fin de adaptarla a los requerimientos del marco normativo y regular algunas carencias detectadas en los instrumentos preexistentes. Previamente, aun cuando la normativa municipal no recogía referencia a los mapas de ruido (Ajuntament de Barcelona, 2007-b), en 1990 se presentó el primer mapa de ruido (elaborado a partir de la medición de más de once mil valores) el cual fue actualizado en 1997 con cinco mil mediciones más. Para el año 2001 el trabajo continuó con la zonificación acústica de Barcelona a partir de los usos del suelo, esto con el fin de asignarles un nivel guía, diurno y nocturno, que constituyera el nivel máximo admisible.

En años recientes, el Ayuntamiento desarrolló el “Mapa Estratégico de Ruido” que integra el mapa de ruido, el de capacidad acústica y el de superación; el mapa de ruido fue aprobado en el año 2009, conjuntamente con el mapa de Sant Adrià de Besòs, dado que los dos municipios conforman la llamada aglomeración del Barcelonés I. También se ha trabajado en el Plan para la Reducción de la Contaminación Acústica de la ciudad con el objetivo de hacer frente a los efectos del ruido y definir el conjunto de acciones prioritarias para crear un entorno urbano más saludable (Ajuntament de Barcelona 2008 y 2010).

1.7.2.1 *Norma Básica de Edificación sobre condiciones acústicas en los edificios (NBE-CA-88)*

El medio de control que se analiza en esta investigación es la normativa que rige la construcción de vivienda de nueva planta. Este tipo de instrumento, que de manera técnica incide en la vía de transmisión, busca reducir la energía comunicada al receptor mediante la definición del emplazamiento y la disposición de la edificación y/o creando algún medio físico que funcione como barrera, la cual debe poseer unas propiedades que aislen, difracten, reflejen mediante discontinuidades, o absorban la energía; de esta manera el diseño de las edificaciones, basado en conocimientos físico-acústicos, trabaja para crear espacios que sean sonoramente confortables (Daumal, 2002).

La Ley del ruido, publicada en 2003, determina la forma de evaluación de la contaminación acústica considerando todas las fuentes de ruido como emisores y las edificaciones como receptores. La ley regula donde se puede construir o no, en función de la contaminación acústica de la zona y de la afectación que produce en la edificación, pero no determina las condiciones mínimas exigibles a ésta última. Hasta octubre de 2008, era la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones acústicas en los edificios (NBE-CA-88) la que se encargaba de establecer estos requisitos.

La norma NBE-CA-88 únicamente regulaba el aislamiento acústico dejando otros aspectos importantes, como la regulación del ruido reverberante excesivo, sin regular. En esta norma que se aplicaba a edificios de nueva planta se fijaban las condiciones acústicas mínimas exigibles a las edificaciones según el uso y actividades de sus ocupantes, a través de señalar los valores de aislamiento acústico que debían cumplir en los elementos constructivos horizontales y verticales; estos valores, medidos en laboratorio, eran lo mínimo que debían proporcionar los elementos constructivos elegidos.

La esencia de la norma era considerar cada uno de esos elementos de manera independiente para verificar así el cumplimiento de su capacidad acústica cuando se empleaban para dividir recintos en los que se realizaban diversas actividades, o para aislar del exterior. Esta forma de expresar las exigencias de aislamiento no era la más adecuada pues los límites se establecían en términos de valores verificables en laboratorio de cada una de los elementos constructivos, por lo que el aislamiento en proyecto no refleja el comportamiento y el aislamiento real de las soluciones constructivas *in situ*. Con la aparición de reglamentación más exigente, tanto a nivel europeo como estatal, la regulación de las condiciones acústicas de una vivienda con esta norma se hicieron insuficientes, por lo que se hizo necesaria la adecuación de la normativa (Promateriales, 2011).

1.7.2.2 *El Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Documento Básico de Protección frente al ruido (DB HR)*

En la actualidad, el diseño acústico está regido por el Código Técnico de la Edificación (CTE). En el año 2000 se promulga la Ley de Ordenación de la Edificación, LOE (Ley 38/1999 de 5 de noviembre), en la que se establecen las características de habitabilidad, higiene y confort de la vivienda; algunos años

después, en marzo de 2006 se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), reuniendo las exigencias mínimas que debe cumplir una vivienda.

El CTE se compone de dos partes: la primera, muy breve, trata las generalidades de la edificación y las exigencias básicas de carácter „prestacional“, mientras que la parte II consta de Documentos Básicos (DB) de carácter técnico instrumental y que específicamente tratan los distintos subsistemas que componen a la edificación. Los Documentos Básicos desarrollados son:

Para Seguridad:

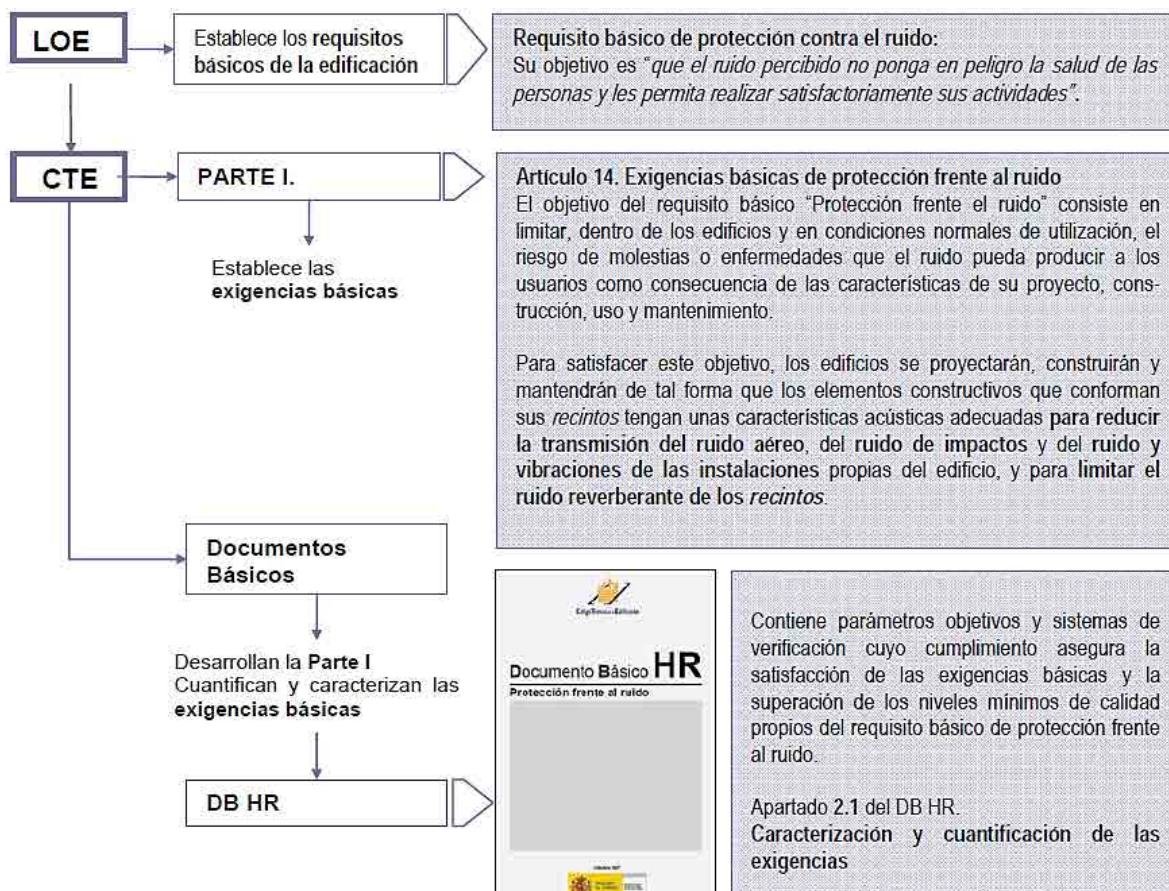
- DB SE Seguridad Estructural (SE 1, SE 2)
- DB SE AE Acciones en edificación
- DB SE C Cimientos
- DB SE A Acero
- DB SE M Madera
- DB SE F Fábricas
- DB SI Seguridad en caso de incendio (SI 1, SI 2, SI 3, SI 4, SI 5, SI 6)
- DB SU Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA 1, SUA 2, SUA 3, SUA 4, SUA 5, SUA 6, SUA 7, SUA 8, SUA 9)

Para Habitabilidad:

- DB HS Salubridad (HS 1, HS 2, HS 3, HS 4, HS 5)
- DB HE Ahorro de energía y aislamiento térmico (HE 1, HE 2, HE 3, HE 4, HE 5)
- DB HR Protección frente al ruido

El documento básico de protección frente a ruido, DB-HR, se ocupa de los criterios que deben existir en la edificación para obtener las condiciones acústicas mínimas y se centra en los niveles de aislamiento de los elementos constructivos, no en los niveles de emisión e inmisión; su objetivo es limitar dentro de las edificaciones y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido puede producir a los usuarios. Además del ruido aéreo y de impactos, incluye la regulación del ruido reverberante excesivo que también produce molestias y provoca en muchos casos la no inteligibilidad de la palabra, circunstancia que en determinados espacios es crucial; de esta manera obliga alcanzar unas exigencias, pero sin imponer productos o sistemas constructivos (Ilustración 1.4).

Ilustración 1.4 De la LOE al DB-HR



Fuente: Guía de aplicación del DB HR Protección frente al Ruido, 2009

Teniendo en consideración que entre dos recintos de un edificio, o entre un recinto y el exterior, el ruido se trasmite fundamentalmente a través de los elementos de separación (paredes, suelos, etc.), para evaluar la calidad del aislamiento acústico se han de tener en cuenta todos los caminos posibles de transmisión, de manera que el DB-HR (publicado en el BOE del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre), en comparación a su antecedente, presentó las siguientes modificaciones:

- Aumento de los niveles de exigencia: los aislamientos a ruido aéreo y ruido de impacto requeridos en fachadas, elementos de separación verticales y horizontales son más elevados. Especialmente importante es el caso de las fachadas cuyo aislamiento se debe dimensionar en función del ruido ambiental exterior.
- Carácter prestacional: sus exigencias deben cumplirse en obra terminada, ya que cada elemento constructivo se considera como parte de un sistema. El documento establece los valores límites teniendo en cuenta las posibles vías de transmisión que se producen a través del conjunto de elementos constructivos del recinto, es decir, no sólo se regula el elemento que separa un recinto de otro, sino también los posibles caminos por los que el ruido se transmite. Antes se exigía que entre viviendas el elemento separador tuviese un aislamiento acústico a ruido aéreo de 45 dB(A), valor determinado por ensayo en un laboratorio. Ahora se establece

que el aislamiento acústico entre viviendas debe ser como mínimo de 55 dB(A), pero no en laboratorio sino en obra, donde juegan un papel determinante la ejecución y los encuentros con el resto de los elementos constructivos que favorecen las transmisiones indirectas.

- Verificación "*in situ*": establece un procedimiento según el cual, a través de mediciones acústicas efectuadas por laboratorios acreditados, se puede comprobar el cumplimiento de las exigencias.
- Requisitos de diseño y ejecución para los elementos constructivos: con el fin de evitar puentes acústicos y garantizar el correcto aislamiento acústico.
- Requisitos de acondicionamiento acústico: limita el tiempo de reverberación en aulas, salas de conferencias de menos de 350 m³, y en bares y restaurantes. Fija una absorción mínima para recintos comunes adyacentes a recintos protegidos por puertas o ventanas.
- Exigencias de diseño y ejecución de las instalaciones: con el fin de evitar la transmisión de ruido y vibraciones.
- Establece las características que deberán documentar los fabricantes de materiales, así como las propiedades acústicas de los elementos construidos con ellos.

La implementación del DB-HR en una edificación implica el cumplimiento de las exigencias siguientes:

- Alcanzar los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superar los valores límite de presión de ruido de impacto. La solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto (separaciones verticales y horizontales, tabiquería, medianerías, fachadas y cubiertas) y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones;
- No superar los valores límite de tiempo de reverberación;
- Cumplir las especificaciones referentes al ruido y vibraciones de las instalaciones.

Con este planteamiento, el DB-HR considera que una solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que forman un recinto en el cual se expresan las exigencias a ruido aéreo y de impacto mediante parámetros que pueden ser verificados en una medición *in situ*, de manera que en el diseño y construcción de viviendas, el cumplimiento de la norma se justifica cuando los elementos constructivos proporcionan en conjunto el nivel de aislamiento acústico exigido.

En general los requisitos acústicos del DB-HR son una propuesta de valores mínimos, por lo que en algunos sectores se considera que aun cuando contribuye a mejorar las condiciones acústicas de las viviendas, todavía dista de ser un instrumento de control para el ruido con el que se obtengan niveles de reducción que proporcionen el silencio suficiente para el descanso (Isover. Consultado: 30/01/12).

1.8 Conclusiones

Hablar de eliminar el ruido en contexto urbano resulta prácticamente una falacia por la gran cantidad de variables que se ven involucradas, y más cuando muchas de ellas son de carácter personal. Por ello, una posición razonable es asumir que el ruido se puede controlar cuando se incluye un diseño eficiente de los espacios y se realiza una gestión más adecuada de las actividades.

Teniendo en cuenta el contexto regional, los cambios normativos parecen contribuir parcialmente a alcanzar este objetivo; el DB-HR, con su mayor exigencia, necesariamente tendrá que reflejarse en la construcción de viviendas que proporcionen un mayor confort acústico a sus ocupantes, aun cuando en algunos sectores se considere que los valores fijados no son los adecuados.

Para contrastar esta opinión, y como se ha hecho en otras investigaciones, se puede recurrir a estudiar el grado de molestia que se experimenta en el ámbito residencial, asociándole principalmente al ruido aéreo producido por los sistemas de transporte, ya que se ha demostrado que estos son una de las fuentes que más perturbación causan.

Sin embargo, debido a que el comportamiento acústico de un recinto depende inicialmente de las características del espacio que se analiza y de los materiales con que se edifica, resulta recomendable fijar unas propiedades básicas. El breve análisis incluido en este capítulo sugiere que para llevar a cabo la estimación de los costes y beneficios asociados a sistemas de aislamiento más exigentes es necesario fijar algunas soluciones típicas y en ellas focalizar el análisis, pues de otra manera podría resultar inoperante llevar a cabo algún tipo de valoración.

Capítulo 2. La teoría del bienestar y la valoración ambiental

En este capítulo se presenta un resumen de los criterios de la teoría económica que son utilizados para estimar los cambios en el bienestar de las personas al modificarse la calidad de un bien ambiental y como se expresan de forma monetaria dichos cambios. En la parte final, con los fundamentos de la teoría económica sintetizados, se procede a presentar los principales métodos de valoración que son aplicados a bienes ambientales. El objetivo es condensar los principios básicos que explican los procesos de elección y su traducción en medidas de bienestar para aplicarlos a la valoración de un bien como el silencio.

2.1 Consideraciones previas a la valoración económica del medio ambiente

Los cambios en la calidad de los bienes ambientales se producen por una multitud de causas, algunas de ellas naturales, pero la mayoría es producto de la intervención humana. Muchos de estos cambios pueden incrementar la posibilidad de que se presenten enfermedades, discapacidad para realizar las actividades cotidianas y quizá, reducción en las expectativas de vida de las personas. De esta manera, ciertas alteraciones del medio ambiente hechas por el hombre pueden afectar no sólo la salud en un sentido físico y psicológico a través de numerosas vías, sino también por la pérdida total del bien o de algunos de sus atributos, por lo que todo esto puede tener una traducción monetaria.

Si se considera que uno de los principales servicios provisto por el medio ambiente es que funciona como soporte para los seres vivos, entonces se puede explicar la importancia que en fechas recientes se da a su valoración: encontrar la relación entre la calidad y cantidad de los bienes ambientales con las dinámicas sociodemográficas y las formas de gestionarlos ha sido motivo de diversos estudios. Desde una perspectiva socio-económica, Freeman (2003) considera que los cambios en la calidad de los bienes ambientales puede afectar el bienestar de las personas por cuatro distintas vías: al cambiar el precio que se paga por ellos, por el cambio en el precio de lo que se recibe por ellos, cuando se modifica su cantidad o calidad y al cambiar los riesgos que las personas afrontan.

A lo largo del siglo XX surgieron desde la economía aportes para abordar la relación entre el medio ambiente y el sistema económico, existiendo distintas metodologías que proponen obtener valoraciones, monetarias o no, de los recursos naturales; uno de los enfoques que se utiliza de manera frecuente se basa en la estimación de la curva de demanda del bien en cuestión para, posteriormente, efectuar

valoraciones de modo similar a las que se realizarían con cualquier otro bien no ambiental (Granato y Oddone, 2009).

El planteamiento general es que la sociedad en conjunto demanda satisfactores para cubrir sus necesidades, pero se encuentra ante la disyuntiva de como asignar unos recursos que pueden resultar cada vez más escasos. La solución ha derivado en lo que se conoce como mercado en donde el consumo, entendido como el grupo de acciones emprendidas para satisfacer necesidades, se basa en la premisa de que los individuos (consumidores) escogen los bienes y servicios que más valoran.

En un mercado con comportamiento ideal, concurren los agentes económicos (productores, trabajadores, consumidores) que actúan de manera racional, generando con sus interacciones unos precios; estos precios, que informan sobre el valor que el mercado otorga a los bienes y servicios, cumplen la función de asignar los recursos, además de mostrar las preferencias de los consumidores y la intensidad de las mismas. Azqueta (2002) subraya que los precios, aun siendo una idealización, encierran una doble información sobre el valor de las cosas: *“la prioridad que la persona le da a la necesidad que satisface con su ayuda, y el de los recursos que se necesitan para proporcionársela”*¹.

Los planteamientos basados en el comportamiento de los consumidores en el mercado pueden resultar controversiales por las simplificaciones en las que se puede caer y por el papel que el propio mercado ha jugado en la asignación de los bienes, sin embargo los modelos hacen manejable el objeto de estudio y permiten distinguir las variables que resultan significativas (Ruiz, 1985; Azqueta, 2002).

Con este esquema, y previo a describir los principales métodos de valoración ambiental, es necesario plantean dos conceptos básicos sobre el mercado: la demanda, que surge de la economía del consumidor, y la oferta, desde la perspectiva del productor.

2.1.1 Curva de demanda

Existe una relación definida entre el precio de mercado de un bien y la cantidad de demanda del mismo, esta relación entre el precio y cantidad comprada se denomina curva de demanda. La curva de demanda de un bien refleja la disposición de los consumidores a pagar por él: cuando sube su precio, estarán dispuestos a pagar por menos unidades, disminuyendo lo cantidad demandada. De manera general, la demanda hace referencia a cómo se comportan las personas en el mercado y muestra cómo la cantidad de un bien demandado responde a un cambio en su propio precio.

La cantidad demandada tiende a disminuir cuando los precios se elevan como consecuencia de los siguientes efectos:

- Sustitución: al aumentar el precio del bien, los consumidores le sustituyen por otro similar cuyo precio no ha variado o se ha incrementado menos en términos relativos al primero.

¹ Pág. 32

- Ingreso: el precio se eleva y el individuo se encuentra con menos ingresos con respecto al bien consumido.

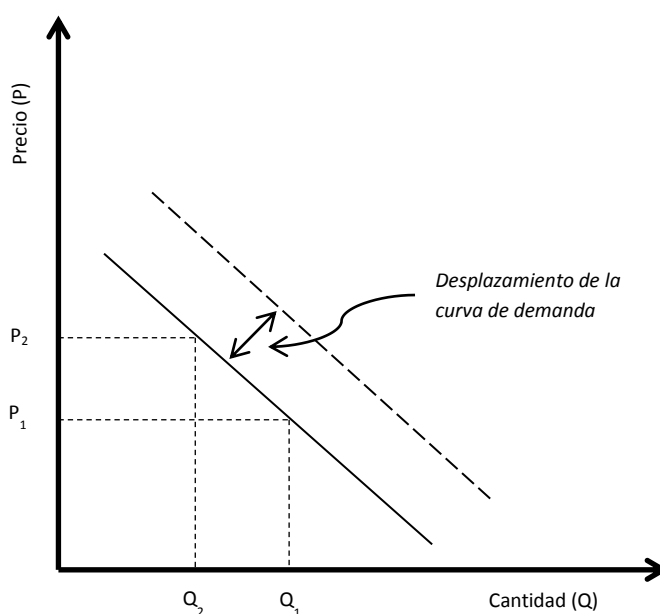
$$I_{Real} = P \times Q \quad (2.1)$$

Con ingresos monetarios fijos e incremento en el precio, los ingresos reales de los consumidores caen pues no es posible adquirir la misma cantidad de un bien. El efecto ingreso normalmente refuerza al de sustitución y ambos se combinan para determinar las características de las curvas de demanda.

La ley de la demanda decreciente dice que cuando se eleva el precio de una mercancía y todo lo demás permanece constante, los compradores tienden a comprar menos cantidad de mercancía. La curva tiene pendiente negativa, por eso es decreciente. En forma semejante, al reducir los precios y mantener todo lo demás constante, aumenta la cantidad demandada.

El elemento principal para construir la demanda son las preferencias individuales: la demanda de un bien a un precio determinado se verá afectada por el nivel de renta, el tamaño de la población, los precios y la disponibilidad de bienes relacionados (sustitutivos), los gustos individuales y colectivos, así como por la influencia de factores especiales. Dentro de las variables mencionadas, el nivel de renta (restricción presupuestaria) tiene especial importancia ya que limita la capacidad de consumo de cada persona; cuando un consumidor decide adquirir un bien o servicio determinado, además de tener en cuenta cuáles son sus preferencias, ha de considerar si dispone del dinero suficiente para realizar la compra. Así, en la mayoría de los casos, el consumidor deberá ajustar sus preferencias a sus posibilidades económicas. En realidad, el consumidor no puede acceder a todos los bienes y servicios que le rodean, debiendo hacer una restricción en sus deseos para que su balance económico sea sostenible (pueda seguir comprando en un futuro).

Ilustración 2.1 Desplazamiento de la curva de demanda



Fuente: Elaboración propia

En la curva, al presentarse cambios en las fuerzas subyacentes aparece lo que se denomina aumento en la demanda; el efecto neto de cambiar las influencias distintas al precio del bien es el desplazamiento de la curva de demanda (Ilustración 2.1). A mayores ingresos, mayor demanda y mayor desplazamiento de la curva hacia fuera y hacia

la derecha, mientras que un aumento en las compras derivado de una disminución en el precio representa un movimiento a lo largo de ésta y no un desplazamiento. Por tanto, no tiene el mismo significado un movimiento sobre la curva que los desplazamientos de ésta.

La curva de demanda de mercado es la representación gráfica de la demanda del conjunto de consumidores respecto un bien. Para construirla es necesario realizar la suma de las cantidades que demandan todos los individuos a cada uno de los precios; su representación es una línea y puede expresar tanto el número de consumidores dispuestos a consumir el bien, como las cantidades demandadas a un precio determinado.

2.1.2 Curva de la oferta

La oferta de un mercado se refiere, normalmente, a como se producen y venden los productos. El concepto muestra la relación que existe entre el precio de mercado y la cantidad que los productores están dispuestos a producir y vender de ese bien; relaciona la cantidad ofrecida de un bien a su precio de mercado si todo lo demás permanece constante, es decir los precios de los insumos, de los bienes relacionados y las políticas gubernamentales. Cuando los costos de producción de un bien son bajos en relación con el precio de mercado, es rentable para los productores ofrecer una gran cantidad de él, mientras que cuando los costos son altos en relación con el precio, las empresas producen poco o no se produce. El caso típico de la curva de la oferta para un bien tiene pendiente positiva.

Los costos de producción dependen fundamentalmente de los precios de los insumos y los adelantos tecnológicos que reducen la cantidad de insumos necesarios para generar la misma cantidad de producción. Pero los costos de producción no son el único elemento que se incorpora a la curva de la oferta, también le afectan los precios de los bienes relacionados, la política gubernamental y otros elementos especiales (ej. el clima); consideraciones ambientales y de salud determinan qué tecnologías se pueden utilizar, mientras que los impuestos y las leyes pueden elevar los precios de los insumos.

A las variaciones de factores distintos del precio del bien que afectan la cantidad que se suministra se les denominan desplazamientos de la oferta. La oferta aumenta (o disminuye) cuando lo hace la cantidad ofrecida a cada uno de los precios de mercado. Cuando varían los precios de un bien, los productores alteran la producción y la cantidad ofrecida, pero la oferta y su curva no se desplazan. Por el contrario, cuando cambian otros elementos que afectan la oferta, ésta se modifica y la curva se desplaza.

2.1.3 Equilibrio oferta-demanda y el concepto de elasticidad

En condiciones ideales, los extremos del mercado interactúan para producir un precio y una cantidad de "equilibrio". En este punto de intersección, la cantidad que los compradores quieren comprar es igual a la cantidad que los vendedores quieren vender, por lo que no existe razón alguna para que el precio se modifique, siempre y cuando todo lo demás permanezca constante.

Para analizar los efectos que tiene el cambio de precio en la oferta y la demanda, se recurre al concepto de elasticidad; por medio de él se establece una relación cuantitativa entre la modificación en los precios y la cantidad comprada. La elasticidad precio (respuesta de los consumidores) denota el cambio porcentual de la demanda dividido entre el cambio porcentual en el precio, si todo lo demás permanece constante.

$$\text{Elasticidad precio de la demanda} = E_D = \frac{\% \text{ cambio de la cantidad demandada}}{\% \text{ cambio en el precio}} \quad (2.2)$$

Según el tipo de bienes que se analicen, la elasticidad puede cambiar de manera muy importante: los satisfactores de necesidades generalmente responden menos a los cambios en el precio (demanda inelástica), mientras que los bienes suntuarios lo hacen más, de manera que elasticidades altas (demanda elástica) indican que la demanda de estos bienes se modifica con rapidez a medida que lo hacen los precios. En general, la elasticidad tiende a ser mayor en los bienes de lujo, cuando existen bienes sustitutos y cuando las personas tienen tiempo para adaptarse al cambio; por el contrario, es menor para los artículos de primera necesidad para los que existen pocos sustitutos y en el corto plazo (Samuelson y Nordhaus, 2010).

Teniendo en cuenta que muchos de los bienes y servicios ambientales presentan una demanda inelástica (con independencia de su precio, los alimentos básicos y el agua entre otros, no pueden dejar de consumirse) y que no cuentan con sustitutos, los cambios en los precios pueden llegar a ser significativos para los ingresos reales de los consumidores.

2.2 Teoría de la elección y de la utilidad del consumidor

Basada en que los consumidores se enfrentan a alternativas de manera constante, la teoría de la elección ha sido utilizada para valorar bienes y servicios para los que no existe mercado. La teoría se ha construido, en términos generales, a través de estudiar cómo cualquier modificación en los bienes que se consumen se refleja en el bienestar individual. Para Azqueta (1994), con ella se trata de averiguar cómo se puede traducir a términos monetarios el cambio de bienestar que supone la modificación en las condiciones de oferta (precio y cantidad) de un bien.

Para describir cómo las personas eligen entre distintas posibilidades, los economistas recurren al concepto de utilidad, que viene a ser una medida abstracta de la satisfacción que le reporta a un consumidor una cesta (combinación) de diversos bienes: en este caso, el consumidor prefiere una cesta sobre otra cuando le reporta más utilidad. De manera simple, la utilidad es la forma en que un conjunto de bienes y servicios es calificado por los consumidores; a menudo resulta conveniente considerarla como el beneficio o aprovechamiento subjetivo que una persona deriva de consumir un bien o servicio.

La teoría del utilitarismo tiene su origen en el siglo XVIII. Jeremy Bentham (1748-1832), influido por las doctrinas de Adam Smith, planteó que la sociedad se organizaba bajo el principio de utilidad, que definió como *“la propiedad de cualquier objeto de producir placer, bienestar o felicidad, o de evitar dolor, el mal o la infelicidad”*²; además, a través de él, promovía el bienestar social al proponer que se debería de alcanzar la mayor felicidad para el mayor número de personas. Con los economistas neoclásicos, el principio evolucionó para explicar el comportamiento del consumidor. William S. Jevons (1835-1882) desarrolló la teoría de que la gente racional fundamenta sus decisiones de consumo en la utilidad adicional marginal de cada bien. Los conceptos de Jevons condujeron a las teorías modernas de utilidad ordinal y curvas de indiferencia.

Más allá de una función psicológica, la teoría de la utilidad es definida como una construcción realizada por los economistas para explicar cómo es que los consumidores racionales dividen sus recursos limitados entre los bienes que les proporcionan satisfacción, en otras palabras, las personas eligen los bienes para maximizar su utilidad (Bockstael y McConnell 1981; Samuelson y Nordhaus, 2010). Bajo esta perspectiva, las demandas del mercado, o las curvas de demanda de bienes y servicios, se explican a partir del proceso de selección que las personas hacen.

Así, las preferencias que las personas experimentan les permiten elegir entre diversos bienes seleccionando el que mejor responda a sus gustos, de manera que ante un conjunto de bienes se podrían crear diversas cestas, todas dependientes de las combinaciones que se establezcan entre ellos, pero con un ingreso fijo, al modificar la cantidad adquirida de un bien, tendrá que cambiar las cantidades de los otros para mantener su nivel de utilidad. El problema de la elección óptima que realiza el consumidor puede plantearse de manera general como sigue:

$$\text{Max } U(X) \text{ y } Q - P'X' = 0 \quad (2.3)$$

donde U es la utilidad de la persona, Q su renta monetaria y $X(X_1 \dots X_n)$ y $P(P_1 \dots P_n)$ los vectores de bienes y precios respectivamente.

La teoría establece que a la mayoría de las personas les gustaría incrementar la cantidad o la calidad de los bienes que consume, pero consume menos de lo que desea porque su renta limita su gasto. La restricción presupuestaria ayuda a entender como toman sus decisiones los consumidores, pero no es el único factor que las explica pues sus preferencias juegan un papel importante, por lo que al elegir adquirir un bien está revelando sus preferencias de consumo. Planteada la teoría de la utilidad, su uso explica la demanda de los consumidores y la naturaleza de las curvas de demanda: por una parte, el consumidor elige un conjunto de bienes entre los existentes para maximizar su utilidad, supeditado a que tiene un ingreso determinado y que debe afrontar precios de mercado para los bienes adquiridos.

² Samuelson y Nordhaus, 2010, pág. 89

Del concepto de utilidad se ha derivado el concepto de utilidad marginal, que hace referencia al incremento en la utilidad derivado del consumo de una unidad adicional de un bien o servicio. Además, según la ley de la utilidad decreciente, la cantidad de utilidad marginal se reduce a medida que una persona consume más y más de un bien, es decir, la tasa de aumento de la utilidad es cada vez más lenta.

Para maximizar su utilidad, un consumidor debe satisfacer el principio de equimarginalidad, que indica que las utilidades marginales de la última unidad monetaria que gasta en todos y cada uno de los bienes deben ser iguales. La utilidad marginal igual, o beneficios de un recurso, es una regla fundamental de elección. La regla de elección de bienes establece que si el bien *A* tiene el doble de precio que *B*, al comprar el primero se espera que proporcione el doble de utilidad marginal que la producida por el segundo.

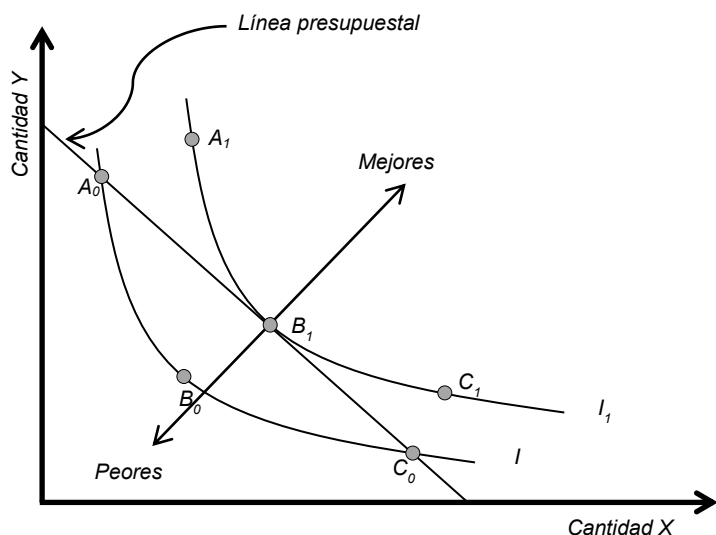
Por lo anterior, la condición para la máxima satisfacción se da cuando el consumidor, con ingreso fijo y enfrentado a bienes con precios de mercado, logra igualar la utilidad marginal de la última unidad monetaria que gaste en cada bien. Esta utilidad es conocida como marginal del ingreso, la cual mide la utilidad adicional que se obtendría si el consumidor disfrutara el valor adicional de una unidad monetaria de consumo; expresada en términos de las utilidades (*UMs*) y los precios (*Ps*) marginales, tiene la siguiente forma:

$$\frac{UM_{bien\ 1}}{P_1} = \dots = \frac{UM_{bien\ i}}{P_i} = UM\ por\ unidad\ monetaria\ de\ ingreso \quad (2.4)$$

La relación explica como un mayor precio en un bien reduce el consumo deseado del mismo. Visto así, parecería que las personas rutinariamente realizan el cálculo de la utilidad marginal basándose en la resolución de sistemas de ecuaciones. En realidad, la mayoría de las decisiones se toman de manera rutinaria e intuitiva. De manera general, lo que supone la teoría es que los consumidores tienen preferencias y actúan de manera consistente para conseguirlas (Mankiw, 2009).

Un enfoque alternativo para el análisis de la demanda, que no menciona la utilidad marginal, recurre a las curvas de indiferencia para explicar el comportamiento del consumidor (Ilustración 2.2). En este planteamiento, el instrumento utilizado para representar las preferencias es la curva de indiferencia (I_0, I_1), que es definida como el lugar común donde se encuentran todas las cestas de bienes (A_0, B_0, C_0, \dots) que son igualmente preferidas por el consumidor, o que le proporcionan un mismo nivel de satisfacción (comparación de alternativas con el mismo atractivo).

Ilustración 2.2 Curvas de indiferencia



Fuente: Elaboración propia

El planteamiento explica los factores que tienden a provocar que la cantidad demandada de un bien sea grande o pequeña en relación a su precio (elasticidad precio-demanda). El análisis de la indiferencia tiene en consideración los efectos sustitución e ingreso para explicar por qué la demanda de un bien se modifica con los cambios en su precio. También, dado que las preferencias no son las mismas, existen tantas curvas de indiferencia, como consumidores y niveles de satisfacción: ante las mismas necesidades, dos personas pueden hacer elecciones distintas (Alegret, 2001).

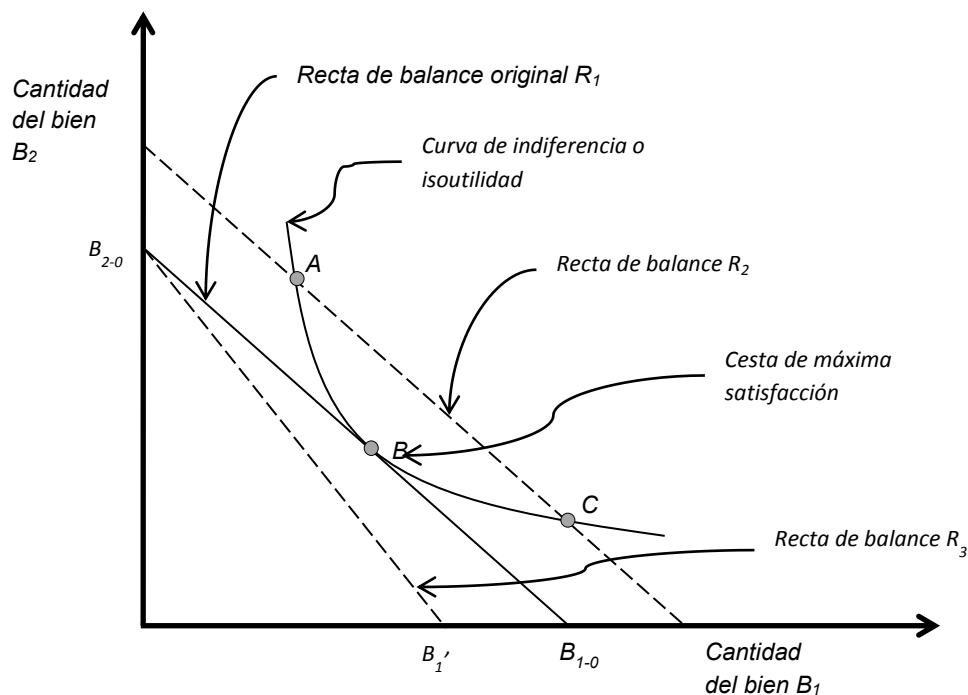
Con base en que existe racionalidad en el consumo, se pueden reconocer algunas características fundamentales o “reglas de elección” en las preferencias de los consumidores:

- **Complejitud:** Entre dos cestas de bienes, el consumidor siempre podrá establecer alguna de las tres relaciones de preferencia siguientes, es decir no existirán consumidores indecisos;
 - la cesta A es preferida a la cesta B
 - la cesta B es preferida a la cesta A
 - la cesta A es igualmente preferida o es indiferente a la cesta B
- **Transitividad:** El consumidor es coherente cuando establece un orden de preferencia;
 - si A es preferido a B y B es preferido a C, entonces A es preferido a C
- **No-saturación:** El consumidor preferirá más cantidad de un bien que menos.

En la mayoría de los casos, las personas ajustan sus preferencias a estas reglas de elección y a la restricción presupuestaria, que limita la capacidad de consumo. Teniendo un ingreso y los bienes B_1 y B_2 entre los cuales elegir, un consumidor puede gastar R_1 en una cesta compuesta por dichos bienes: puede optar entre adquirir únicamente unidades de B_{1-0} ($B_2=0$), o viceversa (el máximo de unidades del bien B_2 y ninguno de B_1), o un conjunto de combinaciones similares: todos los puntos (cestas) que se

encuentren debajo de la recta de balance así trazada constituyen el conjunto de oportunidades (Ilustración 2.3).

Ilustración 2.3 Cesta en el punto de máxima satisfacción



Fuente: Elaboración propia

Cuando el nivel de renta aumenta, el conjunto de oportunidades se amplía (nueva recta de balance R_2 a la derecha de la original). Si por el contrario, el precio de B_1 se incrementa (B'_1), la nueva recta de balance R_3 se modifica por debajo de la original. El punto en el que es tangente la recta de balance con la curva de indiferencia determina el punto de máxima satisfacción posible de ese consumidor.

Las curvas de indiferencia y de utilidad están estrechamente relacionadas; como el consumidor prefiere los puntos situados en las curvas de indiferencia más altas, las cestas de bienes situados en ellas proporcionan mayor utilidad. En una misma curva de indiferencia, todas las combinaciones de cestas causan la misma utilidad y se le puede considerar como curva de "isoutilidad" (Mankiw, 2009). Los argumentos presentados muestran que ante un cambio en las condiciones que se provee un bien, el individuo queda en una mejor o peor situación que la original, por lo que interesa saber cuánto ha cambiado su bienestar. Cuando los economistas analizan las elecciones del consumidor, lo hacen utilizando cualquiera de las teorías anteriores, aunque esencialmente son dos formas de decir lo mismo.

2.3 Bienes públicos y privados

Según Alegret (2001), un bien o servicio es aquel que satisface necesidades de la sociedad. Existe un conjunto de bienes que satisfacen necesidades básicas, como el alimento o la vivienda, pero también existe otro conjunto que satisface necesidades basadas en aspectos psicológicos, sociológicos, etc., lo que permite inferir la variedad que existe en el comportamiento de los consumidores. La literatura económica establece diversos criterios para clasificación bienes; la primera, muy elemental, es dividirlos en materiales e inmaterial, según sean captados por los sentidos o no.

Otra clasificación, que depende de su accesibilidad y que resulta fundamental para su asignación, es:

- Bien libre y colectivo: puede obtenerse sin aplicar recursos, por tanto es gratuito y suele ser abundante.
- Bien económico privado o colectivo: se caracteriza por su utilidad y escases; requiere de los factores de producción para obtenerse, por lo que debe tener coste y precio. A su vez pueden dividirse en:
 - *bienes económicos primarios*: se obtienen directamente por la naturaleza; si son escasos, se incorporan al mercado.
 - *bienes económicos de producción*: sirven para obtener otros, como los de capital y los intermedios (energía, prefabricados, etc.).
 - *bienes económicos de consumo*: satisfacen directamente las necesidades de los consumidores.
 - *bienes económicos públicos*: son bienes que el sector público pone a disposición de los ciudadanos.

De la clasificación anterior se puede extraer que las actividades cotidianas que se realizan tanto de manera individual como colectiva conllevan cambios en los flujos de bienes y servicios, creando así costes y beneficios. Además de ella se puede intuir la clasificación que da origen a este apartado, ya que basada en la posibilidad de apropiación, permite distinguir dos grupos de bienes que resultan fundamentales para efectos de su valoración:

- Apropiables, cuando las compañías y consumidores pueden capturar su valor económico completo.
- No apropiables, en donde alguno de los costes y beneficios asociados a su uso no se pueden acreditar a su dueño.

De esta manera, se hablará de un bien público cuando sus beneficios:

“se reparten de manera indivisible entre toda la comunidad, quiera consumirlos o no el individuo. Los bienes privados, en cambio, son aquellos que pueden ser divididos y proporcionados de manera separada a los diferentes individuos, sin beneficio o costo externo alguno para otros.

*Con frecuencia, la provisión eficiente de un bien público requiere de la acción del gobierno, mientras que los bienes privados pueden ser distribuidos de manera eficiente por los mercados”.*³

De la definición anterior se extraen algunas características fundamentales de los bienes públicos: la primera es la no exclusión, que implica que no se puede descartar a nadie de su disfrute, aun cuando no pague por él; además, el coste de ofrecerlo a una persona adicional (coste marginal) es cero, por lo que no se puede racionar a través de su precio. La segunda característica es la no rivalidad en su consumo, es decir, que el hecho de consumirlo no reduce su disponibilidad. Por sus características, el mercado no produce bienes públicos ya que no puede cobrar un precio por ellos, o si lo hace, los producirá en cantidades inadecuadas ya que las personas tenderán a ofrecer un precio muy bajo por estos.

Algunos bienes, aun cuando en su uso y disfrute no tienen algún coste, si presentan la rivalidad en el consumo, dando origen a los llamados recursos comunes (también bienes colectivos); estos recursos se caracterizan por la libertad de acceso, pero al ser consumidos se impide que otro lo haga y en el límite de su utilización, son susceptibles de congestionarse. En algunos bienes colectivos (la calle, la plaza, el parque, el paisaje, etc.), la saturación que pueden presentar en un momento dado es evidencia de un comportamiento similar al de los bienes privados: existe rivalidad en el consumo (Alegret, 2001). En ausencia de una regulación sobre su utilización, aparece la ley de captura con el correspondiente riesgo de agotamiento o desaparición (Azqueta, 1994).

Cuando se consumen bienes colectivos, la curva de demanda de cada consumidor es comparable a la del consumo de otro bien no colectivo y el comportamiento para decidir su consumo está también limitado por la restricción presupuestaria y por las alternativas que conforman las curvas de indiferencia. No obstante, algunos bienes públicos, como el aire o la luz, tienen una demanda rígida, no hay restricción presupuestaria y no existe alternativa, ya que son bienes vitales para subsistir (Pascual en Alegret, 2001).

Comentadas las principales características económicas de los bienes, se observa porque el medio ambiente y muchos de los recursos naturales son bienes públicos; se caracterizan por ser de libre acceso, lo que lleva a que su uso o consumo no comporte coste alguno y a que se produzca su sobreexplotación, además de que en la mayor parte de los casos experimentan algún tipo de externalidad. Por estas condiciones, el mercado no proporciona indicios sobre el valor de los mismos (Azqueta, 1994; Mankiw, 2009; Granato y Oddone, 2009; Samuelson y Nordhaus, 2010).

¿Cómo se puede determinar un nivel eficiente en la provisión de un bien público? Los especialistas recomiendan utilizar el Análisis Coste-Beneficio (ACB), en el que el nivel de emisiones se establece equilibrando los costes marginales de una acción contra los beneficios marginales de la misma (Azqueta, 2002; Freeman, 2003). Los cambios ambientales afectan indirectamente a través de la modificación de los precios de bienes complementarios, sin embargo, todos los cambios en los costes modifica el

³ Samuelson y Nordhaus, 2010, pág. 278.

bienestar utilitario de los individuos, por lo tanto el análisis de los costes y beneficios de los cambios ambientales provee una base para estimar la medida del bienestar (Freeman, 2003).

El método de ACB, que se encuentra ligado al análisis de proyectos de inversión, pretende revelar las preferencias de la población respecto a un proyecto; la decisión final sobre éste debe fundamentarse en algún juicio de valor, es decir, no se trata simplemente de sumar algebraicamente pérdidas y ganancias monetarias (Machín y Casas, 2006). Generalmente se le considera como un instrumento de ayuda en la toma de decisiones públicas hecho desde un punto de vista de la sociedad en general, por lo que es usualmente utilizado para definir políticas o programas públicos que salvaguarden los intereses ambientales de la sociedad. El nivel resultante que se obtiene con él es socialmente eficiente ya que maximiza el valor neto social de la producción, que se equipara con el margen social del beneficio (Samuelson y Nordhaus, 2010).

Un ejemplo de aplicación de este método es la investigación realizada por Van Praag y Baarsma (2004); usando el ACB, calcularon las cifras de indemnización que se deberían otorgar a la población que se veía afectada por la contaminación acústica presente en las inmediaciones del aeropuerto Schiphol de Ámsterdam. Ellos estimaron que si sólo se incluía el nivel de ruido considerado relativamente alto, sólo el 0,7% de la población tendría que ser compensado, y el importe de dicha compensación sería 1,24 millones de euros. Sin embargo, de incluirse a los residentes que experimentaban niveles de ruido relativamente bajos, la cantidad podría superar los 100 millones de euros. Los autores proporcionaron evidencia de que una política alternativa más barata sería la de ampliar el programa de aislamiento en viviendas localizadas en áreas muy ruidosas, en otras palabras, utilizan una medida de bienestar para seleccionar la opción más eficiente (Dolan y White, 2007).

2.4 Las externalidades y la eficiencia de los mercados

Cuando se observa el nivel de deterioro del medioambiente, se puede concluir que el mercado es imperfecto para distribuir los bienes y servicios que el primero produce; según los expertos, el mercado no proporciona las señales adecuadas por la vía de los precios para realizar esta tarea (Azqueta, 2002; Jiménez y Rams, 2002).

Las características de los bienes públicos condicionan para que las fuerzas del mercado sean utilizadas, al menos en algunos bienes no apropiables (ej. la ausencia de ruido), para revelar los precios que reflejen sus valores sociales reales. A estos bienes no es posible hacerlos exclusivos a través de los precios (es decir, no se puede alcanzar la exclusividad del disfrute de estos bienes a quienes paguen por beneficiarse de ellos), además de que no existe un propietario que pueda regular su uso.

En consecuencia, no hay a quién acreditar algunos costes y beneficios, generando externalidades (Ruiz, 1985; Jiménez y Rams, 2002). Según Azqueta (1994, 2002), una externalidad se presenta cuando la actividad de una persona (o empresa) incide en el bienestar de otra (su función de utilidad, o su función de producción de utilidad), sin que esta última haya elegido la modificación y sin que pueda cobrar un

precio por ello. Existen externalidades negativas y positivas; es negativa cuando el generador de la externalidad no paga por el daño inducido, mientras que es positiva cuando se presenta un beneficio que el productor de la actividad no puede capturar.

Para Jaime y Tinoco-López (2006), las externalidades ambientales negativas pueden traducirse en: incremento o disminución de la mortalidad, efectos en la morbilidad, pérdida del equilibrio ecológico, cambios en la calidad del aire, efectos en los acuíferos y cuerpos de agua superficiales, cambios en el nivel de calidad del agua, efectos en el paisaje, pérdidas de sitios recreativos, transformación en el uso del suelo y pérdida de su capacidad productiva, etc. Algunos costes pueden estimarse en términos monetarios, como en el caso de la pérdida de cubierta forestal o de cosechas, mientras que otros no (pérdida de un paisaje visual o acústico), aunque se puede obtener un estimado cuantitativo que resulte objetivo.

En general, los mercados producen más bienes que generan externalidades negativas en comparación de los que producen positivas, y su efecto en los precios es la distorsión que éstos llegan a presentar. La pregunta que surge es ¿por qué las externalidades provocan ineficiencia económica? La respuesta de la teoría económica es que ante un cambio y en un ambiente no regulado, las personas (o empresas) determinan sus niveles de satisfacción de manera individual, pero al examinar los efectos totales, los beneficios sociales marginales suelen diferir de los privados.

2.4.1 Evaluación de externalidades y políticas correctivas

La externalidad es un indicador de la incapacidad del mercado para incorporar cuestiones derivadas de la actividad económica que afectan el bienestar, las que se tratan de paliar mediante medidas que regulen quién y cómo debe pagar por el daño, o bien poniendo énfasis en una solución de mercado en la que los implicados resuelven el conflicto mediante una negociación (Ruiz, 1985). Paradójicamente, lo anterior tiene la implicación de que la solución requieren de la aplicación de un sistema de precios, y en consecuencia un mecanismo de mercado para regularlo, lo que viene a ser una justificación de la metodología de valoración ambiental que al momento se ha desarrollado. Estos métodos para evaluar externalidades se pueden dividir en dos grandes grupos: los directos, o preferencias declaradas, y los indirectos, o preferencias reveladas; algunos autores, fundamentados en las relaciones sustitutivas o en las funciones dosis-efecto, reconocen un tercer grupo menos importante (Azqueta, 1994; Jaime y Tinoco-López, 2006). De estos grupos, los dos primeros serán explicados con más detalle en el apartado final de este capítulo.

La política correctiva adecuada sería entonces la internalización de las externalidades, sean costes o beneficios, y para ello existen diversas alternativas: cambio en los procesos de producción, cambios locativos de infraestructuras con grandes impactos, normas, impuestos, subsidios, así como cambios en las preferencias individuales; éstas son sólo algunas de las opciones y no existe un método general que resulte aplicable a la totalidad de los casos. Para Azqueta (2002), *“la solución al problema*

económicamente más eficiente dependerá del coste que a cada una de las partes le suponga evitar esta interrelación, si es que se puede”.

El control de las externalidades, en el caso de los bienes públicos, se complica porque éstos se reparten de manera indivisible entre toda la comunidad, sin importar que se quiera, o no, consumirlos. Lo anterior explica por qué la provisión de algunos bienes requiere de la intervención del estado: en el caso de los contaminantes, el mercado no representa una restricción adecuada, pues generalmente las empresas y las personas no reducen voluntariamente las emisiones al maximizar los beneficios privados. Generalmente la provisión adecuada de un bien público se realizará mediante la intervención de la administración pública, a diferencia de los bienes privados, que pueden ser distribuidos de manera eficiente a través de los mercados (Samuelson y Nordhaus, 2010).

Si consideramos lo dicho con anterioridad, se tendrá como resultado que una de las actividades más evidentes para regular las externalidades son los programas de gobierno a través de controles directos e incentivos financieros. Las normas de edificación, en las que se regulan los parámetros constructivos para mejorar las condiciones de habitabilidad de las edificaciones, son un ejemplo de control directo; en el caso del ruido, en ellas se puede indicar el cumplimiento de ciertos niveles de ruido que no deben de superarse para lograr condiciones de confort, dando para ello instrucciones detalladas sobre la tecnología constructiva que se debe emplear y dónde hacerlo.

2.5 Medidas económicas de bienestar: variación compensatoria y variación equivalente

Hasta el momento se ha planteado la utilización de la lógica que rige el mercado para valorar los bienes y servicios ambientales. Aun cuando el concepto de bienestar puede tener diversos enfoques (Dolan y White, 2007), el punto de partida es considerar que las personas hacen lo mejor para sí mismas: su función de utilidad representa un ordenamiento de preferencias, en donde la elección es lo mejor para el individuo, o lo que le proporciona mayor bienestar de acuerdo a su restricción presupuestaria.

En este punto, el problema fundamental es que la aproximación está basada en una apreciación que es útil para entender que después de la elección, el individuo generalmente está mejor, pero no proporciona información sobre cuánto mejor o peor queda y lo que se requiere es una unidad, como la monetaria, para que la cuantificación tenga sentido (Azqueta, 1994; Mankiw, 2009).

Este es el caso de las medidas dispuestas en el DB-HR, ya que con su aplicación la administración pública busca mejorar las condiciones acústicas de las edificaciones, lo que se refleja en un incremento en el bienestar de quienes las ocupan, pero al momento no se ha realizado una aproximación económica de estos beneficios que sea comparable con los costes de implementación, de los que ya existe alguna estimación (Domínguez y Frías, 2006; AFELMA, 2008).

Las medidas de bienestar que se comentan a continuación pueden ayudar a establecer valores económicos como unidad de medida única que permitan comparar los resultados objetivos asociados a dos o más opciones; con esta herramienta la integración de las políticas de gobierno se ve facilitada, pues se cuenta con una función comparativa que puede ayudar a establecer la importancia relativa de las metas objetivo (Dolan y White, 2007).

El planteamiento general es el siguiente: se considera que un individuo obtiene su satisfacción del consumo de n bienes privados y de m bienes públicos diferentes, y se asume que posee una función de utilidad continua y creciente, como la siguiente:

$$U=U(x,z) \quad (2.5)$$

donde x es un vector $1 \times n$ de bienes privados y z es un vector $m \times 1$ de bienes públicos. Además, el individuo tiene un presupuesto que gasta total o parcialmente en los bienes privados, que pueden ser comprados en cantidades no negativas a unos precios positivos fijados de antemano p_i .

Este individuo, que maximiza su utilidad sujeto a la restricción presupuestal, tiene una función indirecta de utilidad que puede ser escrita como:

$$V=U[x(p,y,z),z]=V(p,y,z) \quad (2.6)$$

donde el vector x se interpreta como $x(p,y,z)=[x_1(p,y,z), \dots, x_m(p,y,z)]$, es decir un vector de funciones de demanda para bienes privados cuyas cantidades demandadas son función de los precios, la renta y la provisión o calidad de los bienes ambientales. Esta función indirecta de utilidad es decreciente en los precios y creciente en la renta y en la calidad ambiental.

Ahora se introduce un cambio en la calidad o cantidad de un bien ambiental; por simplicidad se asume que los precios y la renta no cambian. El cambio en la utilidad es:

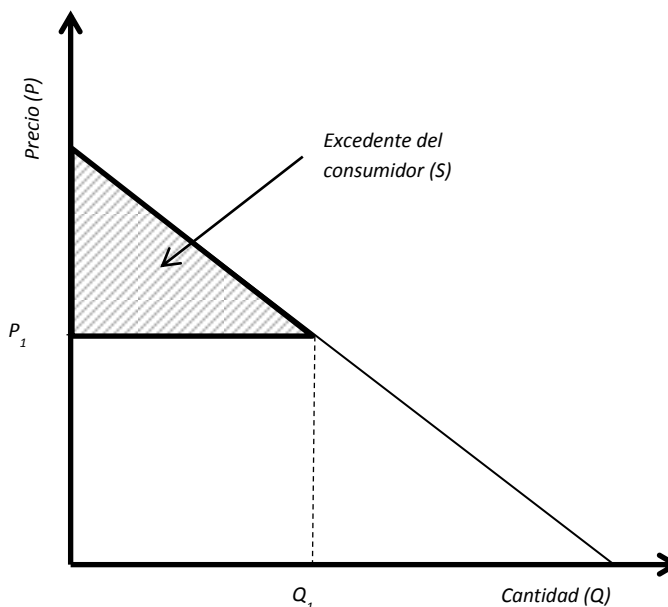
$$\Delta V=V(p,y,z^1)-V(p,y,z^0) \quad (2.7)$$

donde los superíndices 0-1 indican el valor inicial y final del bien ambiental. Dado que la función de utilidad no es directamente observable, se recurre a una medida monetaria para valorar el cambio en ésta. La teoría económica, basada en la demanda de un bien y en las curvas de indiferencia, considera al menos cinco maneras alternativas de medir los cambios en el bienestar en términos de dinero: excedente del consumidor (S), variación compensatoria (VC), variación equivalente (VE), excedente compensatorio (EC), y excedente equivalente (EE).

2.5.1 Excedente del consumidor

La manera simple y comúnmente utilizada para expresar en términos monetarios los cambios de bienestar es a través del excedente del consumidor, medida que proviene de la interpretación de la curva de demanda. Se le define como la diferencia entre lo máximo que el individuo está dispuesto a pagar por la cantidad que actualmente consume del bien, y lo que efectivamente paga por él, en otras palabras, cada vez que compra una unidad a un precio menor a su disposición a pagar, ganaría la diferencia para sí.

Ilustración 2.4 Excedente del consumidor



Fuente: Elaboración propia

Según la ley de la utilidad marginal decreciente, se paga el mismo precio por la última unidad consumida que por la primera, pero las utilidades marginales de unidades anteriores son mayores en comparación de la última; esto significa que debiera haber estado dispuesto a pagar por encima del precio de mercado por las primeras unidades. El excedente del consumidor es el exceso de valor total sobre el valor de mercado que refleja el beneficio que se obtiene de poder comprar todas las unidades al mismo precio bajo. En los casos simplificados, es el área comprendida entre la curva de demanda de una persona por un bien (disposición a pagar por él) y la línea de precio (Ilustración 2.4).

Pese a su simplicidad, el excedente del consumidor no neutraliza el efecto ingreso, lo que implica limitaciones en su aplicación, por lo que los economistas han discutido la medición de los cambios de bienestar a través de otros mecanismos. De esta manera, el excedente del consumidor es mencionado de manera introductoria para conceptos más adecuados. Dado que el objetivo de la valoración contingente de bienes de no mercado es, a menudo, encontrar el valor de la variación compensatoria o variación equivalente asociada a un cambio en la provisión del bien público (Riera, consulta: 23/05/2011), en este estudio sólo se continuará con el análisis de estas dos medidas de bienestar.

2.5.2 Variación compensatoria

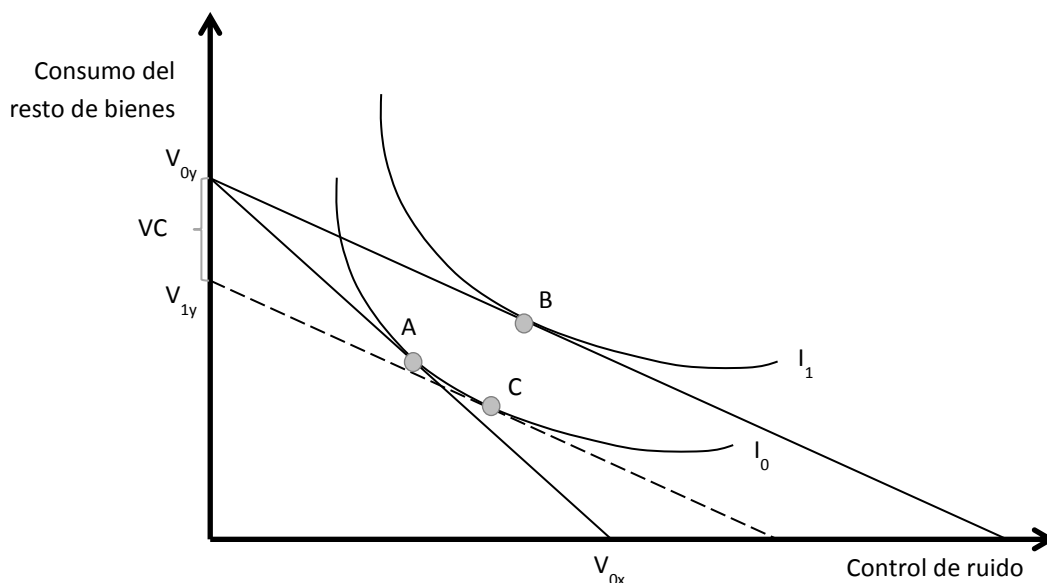
La variación compensatoria (VC) corresponde a cambios que se realizan en la cantidad de bien público pero no del nivel de utilidad, y responde a la siguiente pregunta ¿cuánto debería incrementar o disminuir

el ingreso del individuo para que habiendo ocurrido el cambio, disfrute del bienestar que tenía inicialmente? En otras palabras, mide cuánto es lo máximo que el individuo estaría dispuesto a pagar de su ingreso para que ocurra el cambio, o recibir en compensación para mantener la utilidad en el nivel original (Freeman, 2003; Azqueta, 1994).

Para realizar el planteamiento puede recurrirse a las curvas de indiferencia que representan las preferencias (Ilustración 2.5). En el eje de la abscisas se tiene al control de ruido (X) como el bien que se analiza, mientras que en el eje de las ordenadas está reflejado el consumo de todos los demás bienes (Y), medidos en términos de unidades monetarias. Por la restricción presupuestaria y el precio relativo del "silencio" con respecto al conjunto de bienes, representado por la pendiente de la recta $V_{0y}V_{0x}$, la persona alcanza el nivel de bienestar representado por el punto A de la curva de indiferencia I_0 .

Con la modificación en los niveles de ruido obtenidos a partir de un control más estricto, la recta de ingresos pivota sobre el punto V_{0y} en sentido contrario a las manecillas del reloj; la pendiente se modifica y la persona se sitúa en el punto B , alcanzando el nivel de bienestar representado por la curva de indiferencia I_1 . La monetarización de la mejora queda representada por la cantidad de dinero que restada de la renta de la persona ante los reducidos niveles de ruido le permitiría mantener su bienestar original (I_0), es decir $V_{0y}V_{1y}$; de privarle de esa cantidad, y con la modificación en los niveles de ruido, alcanzaría el nivel de bienestar original ubicado en el punto C .

Ilustración 2.5 Variación compensatoria



Fuente: Elaboración propia

Retomando lo escrito en los párrafos precedentes, en este caso la forma matemática que representa la variación compensatoria es la siguiente:

$$V(p, y - VC, z^1) = V(p, y, z^0) \quad (2.8)$$

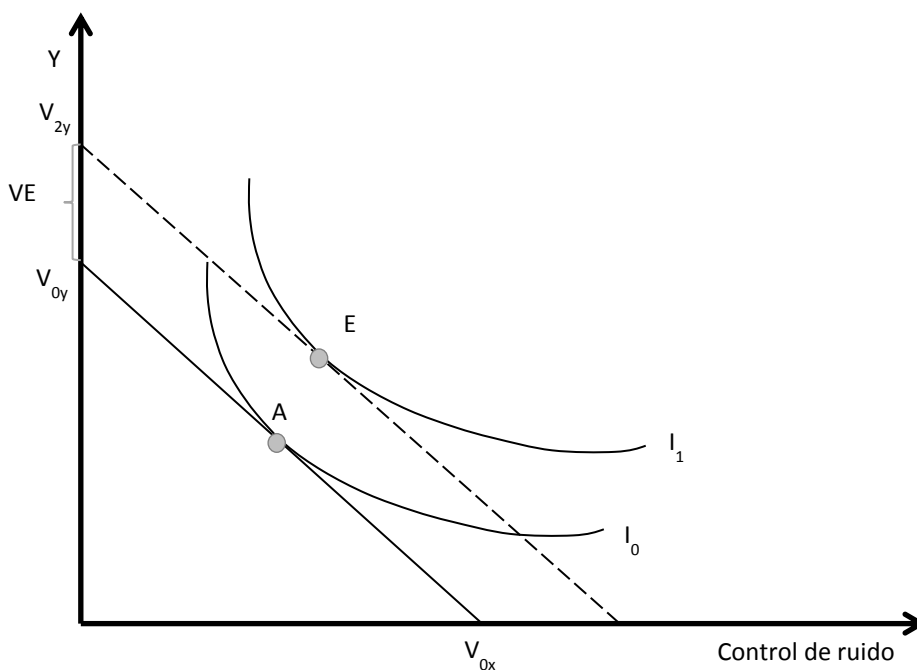
2.5.3 Variación equivalente

La variación equivalente contempla cambios potenciales de la situación actual a una nueva: se cambia de nivel de utilidad, pero no de cantidad de bien público. Responde al planteamiento de cuánto debería incrementar o quitar al ingreso de un individuo para que, sin que haya ocurrido el cambio, quede igual como si hubiera ocurrido. En otras palabras, mide cuanto es lo mínimo que estaría dispuesto a aceptar para que no ocurra el cambio. La variación equivalente (VE) es una cantidad de dinero tal que:

$$V(p, y + VE, z^0) = V(p, y, z^1) \quad (2.9)$$

Para su aplicación al control del ruido, se tendría que preguntar a las personas sobre la cantidad de dinero que estaría dispuesta a recibir para alcanzar el mismo nivel de bienestar suponiendo que las viviendas cuentan con las medidas adecuadas de control acústico y pueden perderlas, o cuando en realidad no las tienen; en otras palabras, hace referencia al aumento de ingresos necesario para alcanzar la curva de indiferencia I_1 , si los niveles de ruido se mantienen en los actuales. En el gráfico (Ilustración 2.6), si se aumenta la renta a partir de la situación original de precios, la persona pasa del punto A de la curva I_0 al punto E en la curva I_1 , que representa el nivel de bienestar que se habría obtenido si el cambio se hubiera dado. La variación equivalente está representada por la distancia V_{0y} V_{2y} .

Ilustración 2.6 Variación equivalente



Fuente: Elaboración propia

Debido a que la utilidad (bienestar) no es directamente observable, en las tres medidas de bienestar los cambios han sido definidos en términos de la máxima cantidad de dinero que un individuo pagaría por rechazar una pérdida o la mínima cantidad de compensación que debería recibir por aceptarla; todas refieren cambios en el área bajo la curva de demanda por el bien o servicio, aun cuando es reconocido que el triángulo del excedente del consumidor es sólo una aproximación al verdadero cambio en la utilidad (Gregory, 1984), motivo suficiente para no contemplarla como opción a utilizar.

Para diversos investigadores (Azqueta, 1994; Alegret, 2001; Freeman, 2003; Zhao y Kling, 2004), la variación compensatoria refleja la cantidad de recursos que la persona debería pagar para mejorar algún bien, o para evitar un cambio que empeoraría su situación; su expresión común es la disposición a pagar (DAP). Por su parte, la variación equivalente refleja la cantidad de recursos que la persona debería cobrar por permitir el empeoramiento de algún bien, o por renunciar a su mejorar, siendo su expresión común la compensación exigida o la disposición a ser compensado (DAC).

Al estimar el mismo cambio objetivo con las distintas medidas se pueden producir diferentes resultados debido a que las curvas de demanda inicial y final no son las mismas, y por lo tanto tampoco lo es la expresión matemática que refleja la integración del área bajo las respectivas curvas (Alegret, 2001; Zhao y Kling, 2004). Pese a que estudios recientes han encontrado que la DAC generalmente excede a la DAP, la segunda ha sido típicamente utilizada debido a que parece tener mayor similitud con los intercambios de mercado que la gente realiza (Gregory, 1986; Mitchell y Carson, 1989; Zhao y Kling, 2004). Algunas de las razones que explican las diferencias y que ayudan en la elección son que la DAP está limitada por la renta de la persona, mientras que la compensación exigida no; el formato en que se expresan los cambios (términos discretos y con un sólo pago); y a que la DAC puede inducir a sesgos estratégicos.

A este último factor Mohamed (2006) lo relaciona con el efecto de dotación (se tiene, o no, el bien), la aversión a la pérdida y la contabilidad mental, entendida como el conjunto de operaciones cognitivas utilizadas por los individuos para organizar, evaluar y realizar un seguimiento de las actividades financieras, entre ellas las convenciones sobre cómo tratar a las ganancias y pérdidas.

A manera de conclusión, ambas medidas intentan reflejar la modificación en el bienestar de la persona: las dos son útiles cuando el cambio se presenta en las condiciones ambientales o en cualquier otra variable que afecte el bienestar del individuo y se pueden usar aplicando las preguntas que las definen. La forma intuitiva de entender la diferencia entre ambos conceptos, y elegir el más adecuado, es preguntándose si el cambio en la provisión del bien público implica un cambio en el nivel de bienestar por la provisión del bien (VC), o es un cambio potencial (VE). De esta manera, si el individuo debe adquirir el bien, la medida adecuada es la variación compensatoria ya que la mayoría de las personas pagarán para mantener su utilidad constante. Si un individuo es dueño de un bien que puede perder (como sufrir deterioro en la calidad del medio ambiente), la medida adecuada es la variación equivalente, que representa la compensación mínima que requiere para mantener su utilidad en su nivel original cuando se pierda el bien.

Según el World Bank Institute (2002), a pesar de que la DAC es la medida apropiada del valor de un bien que está siendo dañado, ésta es a menudo difícil de medir con precisión en algunos métodos de valoración, como sucede con la valoración contingente. También es el caso de que la DAP por un bien suele ser menor que la voluntad de aceptar una compensación por renunciar a la misma mercancía (Bishop y Heberlein 1979; Knetsch y Sinden, 1984)⁴, por lo que con la DAP se obtienen valoraciones más conservadoras. Además, para un bien público puro, su valor económico es simplemente la suma de la DAP de la población relevante, ya que el disfrute del bien por parte de una persona no disminuye el que puede hacer cualquier otra (Carson, 2000). Finalmente, se esperaría que el derecho a la indemnización sólo incrementara la riqueza real ligeramente, por lo que la variación entre los dos enfoques tendría que ser insignificante. Por estas razones, los investigadores se han centrado casi exclusivamente en la DAP como la medida de valor a utilizar.

2.6 El valor de los bienes ambientales y los métodos para su valoración

Una de las principales dificultades que tienen enfrente las políticas ambientales es la necesidad de estimar los beneficios que el medio ambiente genera. En general, el valor de los recursos naturales y de sus atributos vaya más allá de su explotación directa, ya que puede proporcionar servicios tan diversos como el bienestar producido por un espacio con baja emisión de contaminantes y visualmente agradable. Los efectos favorables que proveen, y que en algunos casos fueron considerados relativamente insignificantes, son ahora reconocidos como una importante fuente de valor, susceptible de ser medida.

Cuando los bienes afectados son comercializados, el mercado proporciona los elementos para realizar la medición de manera directa. Para los bienes ambientales, alguna información sobre sus beneficios puede ser capturada potencialmente de las transacciones realizadas en mercado, sin embargo, a menudo los beneficios individuales que se derivan de los cambios que sufren sobrepasan la capacidad de los mercados para capturarlos (Gans, 1999): sus efectos son más difíciles de cuantificar ya que generalmente no se reflejan de manera directa en los precios de mercado, pues son típicamente externos y sin precio, además de que no tienen derechos de propiedad (Nijland, 2003).

Para obtener el valor económico total de los bienes ambientales es necesario reconocer la multitud de beneficios que proporcionan; algunos de ellos relacionados con su uso, directo o indirecto, mientras que otros, cuya cuantificación es más complicada, nada tienen que ver con su uso. Los valores que son evidentes y tienen reflejo directa o indirectamente en el mercado son los de uso, pero hay otros que no son evidentes o que incluso se derivan del mero hecho de la existencia.

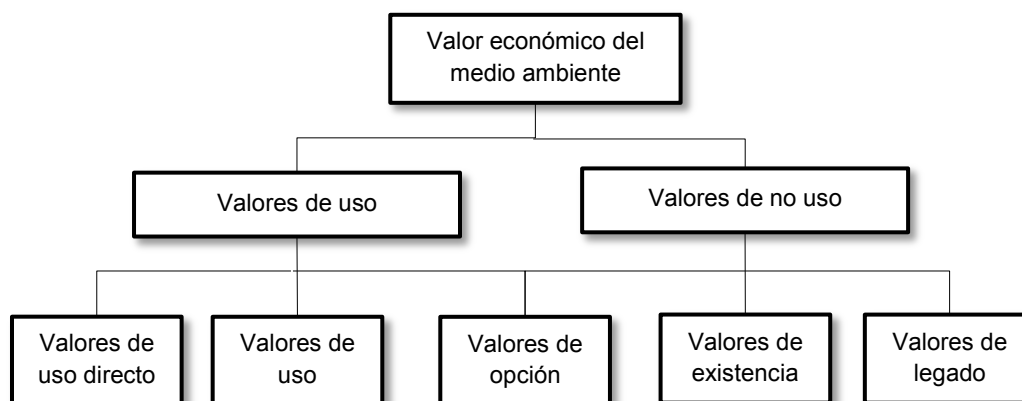
Según Boyle y Bishop⁵, se pueden distinguir distintos tipos de valor: en primer lugar, aquellos cuyo uso implica un consumo; en segundo lugar, aquellos que su uso no implica consumo (la satisfacción que se obtiene al observar una puesta de sol) y en tercer lugar, aquellos que proporcionan servicios mediante

⁴ En World Bank Institute, 2002

⁵ En Machín y Casas, 2006

un uso indirecto. De lo anterior se podría realizar una distinción genérica entre valores de uso y valores de no uso (Ilustración 2.7):

Ilustración 2.7 Valores económicos del medio ambiente



Fuente: Uclés, 2006

- Valor de uso: Se deriva de las preferencias individuales de utilizar o consumir el bien en algún momento presente o futuro (valor de opción). Es el más elemental y corresponde a la utilización directa o indirecta, productiva o no, de los recursos. Se caracteriza por establecer una relación directa de causalidad con el bienestar del individuo, es decir, cualquier alteración en la calidad o cantidad del bien afecta el nivel de bienestar de las personas que interactúan con dichos recursos.

Los valores de uso directo son relativamente sencillos de cuantificar, pues se refieren a productos que se pueden consumir directamente. Los de uso indirecto alcanzan beneficios denominados funcionales, tales como la protección contra crecidas y riadas, etc. Los valores de opción hacen referencia a valores de uso directo o indirecto en el futuro, con la dificultad de predecir los niveles tecnológicos que influirán en la productividad (Uclés, 2006).

- Valor de no uso: Se deriva de la sola existencia y se vinculan al simple conocimiento de que el bien exista aun cuando no se use. El valor de existencia es un valor que se otorga a un bien y que no está relacionado con ningún uso, ni actual ni futuro, del bien; en otras palabras, algunas personas se ven afectadas en su bienestar con respecto a lo que le ocurra a un determinado bien aun cuando no son usuarios del mismo, valorando positivamente su mera existencia. Por su naturaleza de no utilización son valores no comerciales.

El valor de opción mencionado se define como la disponibilidad a pagar por la oportunidad de poder elegir entre usos alternativos y competitivos de un bien ambiental, y se deriva de la incertidumbre individual que experimenta la persona con respecto a si dicho bien estará o no disponible en el futuro. La idea básica es que, dada esta incertidumbre de la oferta, y por el hecho de que a la mayor parte de las

personas no les gusta ni el riesgo ni la incertidumbre, un individuo estaría dispuesto a pagar para asegurar que podrá hacer uso del bien más adelante.

Finalmente, el valor de legado es el que tiene determinado bien ambiental para las siguientes generaciones, debiendo suponer por tanto los niveles tecnológicos futuros y las escalas de valores de dichas generaciones. En economía ambiental el valor total de un bien depende del valor de uso y del valor de no uso (Gans, 1999).

2.6.1 Los métodos de valoración de bienes ambientales

Lo comentado hace evidente que existen dificultades para obtener el valor económico total de los bienes que se consumen, pero existe un consenso en que este debe ser incluido en los ejercicios de valoración; no parece desacertado intentar encontrar su valor desde la perspectiva económica, de manera que cuando se utilice al medio ambiente se pague el coste que ello representa, o al adoptar alguna medida de mejora se conozca el valor que el cambio tiene para la población. En el caso que se analiza, y teniendo en cuenta el concepto de utilidad marginal, una reducción total de los niveles de contaminación podría implicar costes de eliminación muy elevados, mientras que los beneficios marginales de eliminar el último vestigio de ella pueden ser bastante pequeños; al igual que en otros tipos de contaminación, tratar de eliminar todas las emisiones de ruido podría implicar importantes restricciones productivas o la prohibición, por ejemplo, del tránsito vehicular.

En respuesta a la necesidad de valorar monetariamente los bienes ambientales, la teoría económica plantea obtener un indicador de la intensidad de las preferencias individuales con respecto a estos; en otras palabras, lo que se busca es intentar obtener la misma información que las personas revelarían sobre sus preferencias en un mercado. Aun cuando el estado del arte dice que no es posible producir valores exactos debido a las incertidumbres de las técnicas empleadas y porque el valor se soporta en hechos individuales que cambian con las características personales y con la descripción del cambio específico que se estima (Freeman, 2003), la valoración económica de los bienes ambientales es muy importante, no sólo para la administración pública cuando se determinan las compensaciones que las personas afectadas, directa o indirectamente, pueden recibir por los cambios sufridos, también lo es para las medidas de protección propuestas y las investigaciones, ya que pueden resultar más significativas cuando se establece la conexión entre la variación de los bienes y los cambios en el bienestar (Bockstael y McConnell, 1981).

Como ya se ha comentado, la propuesta metodológica que se ha planteado utiliza la lógica microeconómica que rige el funcionamiento del mercado; el punto de partida está en considerar que el medio ambiente tiene valor porque cumple con unas funciones que afectan directamente la función de bienestar de las personas, donde el elemento clave es la capacidad de elección: de esta manera, la valoración ambiental se fundamenta en las decisiones que los individuos adoptan, es decir, en los criterios de elección utilizados para satisfacer sus necesidades (Azqueta, 1994; Alegret, 2001).

Dado que el objeto de investigación en este campo de la economía es aprender sobre las preferencias de las personas, es indispensable estar al tanto de lo que éstas esperan obtener de retorno por sus gastos de prevención y reducción de riesgos; teniendo en cuenta que las personas a menudo tiene que hacer elecciones antes de que el evento suceda (ex ante), se asume que toman las decisiones con el fin de maximizar sus utilidades y que estas decisiones pueden representarse mediante funciones de demanda (Vázquez, 2002).

En este sentido, los economistas reconocen dos grandes grupos metodológicos que permiten obtener una aproximación de la demanda y valor de bienes que carecen de mercado, como en el caso del silencio (Tabla 2.1). El primer grupo es el de las preferencias reveladas, basado en el comportamiento de mercados vinculados al bien, mientras que el segundo corresponde a las preferencias declaradas, que derivan el valor de las respuestas a un mercado hipotético (Riera, 1994; Carson, 2000; Freeman, 2003; Granato y Oddone, 2009).

Tabla 2.1 Principales métodos de valoración para bienes ambientales que utilizan la función de demanda

MÉTODOS DE LAS PREFERENCIAS REVELADAS (OBSERVADAS)	
<i>Costo de viaje</i>	Estima el valor de un sitio asumiendo que el valor se refleja en cuanto pagan las personas para acceder a él.
<i>Precios hedónicos</i>	Supone que la utilidad de un bien es función de sus atributos y que éstos se pueden diferenciar para mostrar cómo sus cambios afectan en la utilidad; la técnica se basa en la observación de mercados en que los bienes son complementarios.
MÉTODOS DE LAS PREFERENCIAS DECLARADAS	
<i>Valoración contingente</i>	El valor se extrae de la pregunta directamente de la DAP (o DAC) por un bien o servicio ambiental
<i>Análisis conjunto</i>	Se presenta alternativa con distintas cantidades de atributos y se pregunta sobre la opción preferida; si las diferencias tienen fijado un precio, entonces se puede determinar la DAP
<i>Comportamiento contingente (Preferencias declaradas)</i>	Infiere valores de las elecciones realizadas por el encuestado al presentarle distintas opciones de intercambio

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Métodos de preferencias reveladas (observadas)

Estos métodos tratan de deducir los beneficios no comercializados de los bienes a partir de la demanda revelada a través de una aproximación adecuada. El fundamento de estas técnicas está en la posibilidad de que los bienes ambientales estén relacionados de alguna forma con bienes que sí tienen precio, lo que permite inferir su valor observando lo que los consumidores hacen en el mercado de los segundos (Azqueta, 1994). La relación de complementariedad, que es fundamental para las preferencias reveladas, indica que un bien se complementa con otro, lo que permite su análisis; las técnicas de valoración están basadas en la observación de mercados en los que el bien en estudio es complementario de otro. Si la proximidad de un bien (entendida como presencia constante) es una característica de algunas localizaciones, los métodos de las preferencias reveladas pueden ser utilizados para capturar el valor de uso, pero es posible que algunos beneficios no dejen trazos en el

comportamiento de mercado, lo que implica que los valores de no uso no pueden ser medidos usando estos métodos.

El planteamiento se basa *“en las relaciones de complementariedad que existen entre los bienes o servicios ambientales que son valorados y los bienes o servicios que se obtienen en el mercado; el bien ambiental forma parte de las características del bien privado. Por lo anterior, su aplicación se circunscribe a estimación de valores de uso y otra limitante es que sólo miden tras consumir el bien, por lo que no se pueden estimar valores para niveles no experimentados. Los principales métodos son el coste de viaje y los precios hedónicos”* (Mogas, 2004).

El método del coste del viaje suele aplicarse para la valoración de los servicios recreativos que proporciona la naturaleza; a través de él se puede analizar cómo afecta a la demanda de espacios de ocio el cambio en la calidad ambiental. Supone que cuantos más costos privados esté dispuesto a soportar un individuo para acceder a un espacio, más valor tendrá éste, siendo el costo de acceso (desplazamiento, pago de entrada, estacionamientos, etcétera) un sustituto de su precio. Lo anterior permite estimar una función de demanda a través de la cual se estudian los cambios en el bienestar del consumidor ante cambios en el bien ambiental.

El método de los precios hedónicos suele aplicarse para la valoración de cambios en los valores de terrenos o viviendas y la cuantificación del deterioro ocasionado por la contaminación; diversas externalidades (ruido, contaminación atmosférica, presencia de vertederos, entre muchas otras) quedan incorporadas en la demanda revelada que sufren los bienes inmuebles en determinadas zonas. Parte de que la calidad ambiental influye en el valor de los bienes, estimando una función denominada *“función de precios hedónicos del mercado”*; con ella se determina la variación del valor de un bien privado ante cambios que afecten al medio ambiente que lo rodea. De este modo, ante dos bienes con características similares pero con distinta calidad ambiental, existirá una diferencia en su precio, reflejo del valor de la distinta situación ambiental.

En la actualidad es posible observar diversos estudios que aplican esta técnica para valorar la contaminación acústica que se presenta en la cercanía de infraestructuras de transporte. En este caso, suponiendo que existen dos viviendas que son muy similares en todo excepto en la ubicación, ya que una se encuentra cerca de una vía o aeropuerto, y la otra se ubica en un ambiente muy tranquilo y silencioso, se espera que el precio de la primera sea inferior a la de la más silenciosa, a menos que los individuos disfruten de entornos ruidosos. Aquí se puede apreciar una diferencia en el precio de las viviendas que son muy similares, salvo en su localización, de manera que si ambas no se ubicaran cerca de la infraestructura tendría el mismo precio; en otras palabras, si la contaminación por ruido se disminuye, la diferencia de precio sería el beneficio de la reducción.

2.6.3 Métodos de preferencias declaradas

Las técnicas de las preferencias declaradas, por su parte, infieren el valor económico mediante la creación de un mercado virtual y se basan en la información capturada a través de encuestas de las elecciones que realizarían los individuos; en este sentido, si los mercados no existen al menos en la forma usual, los individuos son consultados acerca de sus preferencias. La aproximación se realiza aplicando una encuesta a una muestra de la población en la que se pregunta directamente sobre la disposición a pagar por la conservación de un bien específico, o a ser compensado por aceptar un cambio discreto en éste, es decir, sobre el valor que se da a un bien en un mercado que puede ser hipotético (Mitchell y Carson, 1989; Azqueta, 1994; Riera, 1994; Freeman, 2003; Mogas, 2004).

Las preguntas son sobre la disposición a pagar o a ser compensado cuando se presenta un cambio específico en el bien y la respuesta, que puede ser interpretada como una medida de bienestar (variación compensatoria o equivalente), es directamente la expresión del valor. Estas técnicas permiten estimar cambios antes o después de que se produzcan, y detectar valores de uso y de no uso.

Dentro de las preferencias declaradas, Freeman (2003) reconoce tres variantes metodológicas a partir de lo que se pregunta: en la primera, llamada usualmente valoración contingente, se pregunta directamente a las personas lo que estarían dispuestas a pagar por el bien, o lo que estarían dispuestas a recibir por renunciar a él. Es un método para estimar el valor que una persona da a un bien que por lo general no se vende en los mercados, tales como la calidad del medio ambiente o la salud; la mayoría de los productos que a menudo se valoran son bienes públicos, como las mejoras en la calidad del aire y el agua, y bienes privados sin mercado, tales como la reducción del riesgo de muerte, evitar días de enfermedad o los días gastados en actividades lúdicas.

También es útil cuando no hay datos disponibles de la medida que debe analizarse, es decir que la información sobre la transformación esté fuera del rango en que comúnmente se suministra el bien (World Bank Institute, 2002); esto sucede con la reducción de los niveles de ruido en la vivienda inducidos por la implementación del DB-HR, pues en la actualidad es difícil cuantificar el incremento del confort acústico ya que las personas están condicionadas a vivir en espacios ruidosos.

Debido a que no existe mercado para el bien que se ofrece, o aún no se ha ofrecido y por tanto no se ha creado mercado, el método intenta simularlo a través de un cuestionario. En él se presenta al individuo la posible aplicación de una medida que modificará su bienestar a cambio de un determinado pago. Así, el encuestador es el oferente, el individuo encuestado es el potencial demandante y el cuestionario es el mercado simulado. El objetivo del cuestionario es presentar un escenario creíble para que los individuos revelen una disposición al pago lo más próxima posible a la real; en él se debe ofrecer tanto información relevante sobre el bien a valorar, como una descripción de la situación antes y después de las modificaciones que se van a realizar, de modo que queden claras las implicancias para el afectado; además, debe de incluir el mecanismo por el cual el bien será provisto y el método de pago. El diseño

del cuestionario, por tanto, es crucial para la realización del estudio ya que es necesario que el contexto de provisión de la medida de mejora sea comprensible y realista para el individuo.

La pregunta de valoración puede ser simple (máxima disposición a pagar), una elección discreta en donde el respondiente elige de una serie de opciones presentada por el investigador, o una serie de aproximaciones a través de las respuestas afirmativas o negativas a la pregunta sobre si estaría dispuesto a pagar "x" cantidad por el bien; en este último caso las respuestas marcan fronteras (preguntas de elección discreta).

Con la valoración contingente se busca medir la variación compensación o equivalente para el bien en cuestión. Si el individuo debe adquirir el bien, la medida adecuada es la variación compensatoria ya que la mayoría de la persona va a pagar y mantener su utilidad constante. En cambio, si el individuo es dueño del bien que puede ser afectado, la medida adecuada es la variación equivalente, que representaría la compensación mínima que el individuo requiere para mantener su utilidad en su nivel original cuando pierda el bien.

El segundo y tercer métodos de preferencias declaradas reconocidos por Freeman no revelan cantidades monetarias directamente y requieren de un modelo analítico para derivar la medida de bienestar. El análisis conjunto, también conocido como experimento de elección o elección basada en atributos, presenta una serie de alternativas hipotéticas con diversas cantidades de características ambientales y pregunta sobre la alternativa preferida; las opciones se ordenan en alguna escala para analizar aquellas que generan las diferencias; si las diferencias tienen fijado un precio, entonces se puede determinar la disposición a pagar.

El último de los métodos es conocido como comportamiento contingente, y en él se pregunta sobre el cambio en alguna actividad cuando se presenta un cambio en el bien. De las tres variantes, la más representativa y utilizada ha sido la valoración contingente (Gans, 1999, Freeman, 2003).

En general, los expertos consideran que una buena implementación de las técnicas de las preferencias declaradas en la valoración de cambios en un bien o servicio requiere de:

- definir y cuantificar de manera precisa las dimensiones que se verán afectadas por dicho cambio
- definir la población de la muestra, ya que pequeños valores *per capita* pueden significar grandes cantidades cuando se agregan a toda la población, y
- definir el tiempo en que será cubierto el pago (especificar el periodo de tiempo involucrado).

Como ejemplos de aplicación del método de las preferencias declaradas en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo se pueden citar (Tabla 2.2):

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 2.2 Ejercicios de aplicación del método de las preferencias declaradas

AUTOR(ES)	ÁMBITO DE APLICACIÓN	PLANTEAMIENTO	REALIZACIÓN
<i>Howie et al. (2010)</i>	Gestión urbana	Valoración de amenidades en pequeñas ciudades	EEUU
<i>Chan et al. (2009)</i>	Arquitectura de la vivienda	Determinación parámetros constructivos vinculados a la sanidad de las edificaciones	Hong Kong
<i>Hite (2009)</i>	Gestión urbana	Localización de vivienda por cercanía con rellenos sanitarios. Incremento en el pago de las hipotecas.	EEUU
<i>Sanz y Herrero (2006)</i>	Conservación del patrimonio cultural	DAP por preservación y mantenimiento del Museo Nacional de Escultura. Cuotas de donación	España
<i>Willis et al. (2005)</i>	Gestión de servicios urbanos	Mejoras en el servicio de alumbrado público. Incremento en impuestos.	Reino Unido
<i>Colombo (2004)</i>	Conservación de recursos naturales	Proyecto de disminución de la tasa de erosión del suelo.	España
<i>García y Riera (2003)</i>	Modelos de gestión urbana	Variación en los porcentajes de áreas verdes. Incremento en impuestos	España
<i>Sajurjo (2001)</i>	Gestión del medio natural	Conservación de especies y servicios recreativos de los humedales	México

Fuente: Elaboración propia

El uso de los métodos de las preferencias declaradas implica un esfuerzo considerable y cuidadoso de las etapas de la investigación, lo que significa un alto coste en tiempo y dinero. Además, al estar basado en una valoración hipotética, existe el riesgo de que existan sesgos importantes. Otra crítica importante es que los individuos no poseen un conocimiento total del bien, lo que les dificultaría realizar una adecuada valoración (elección racional). Sin embargo los expertos consideran que con un adecuado diseño, tanto del modelo estadístico como del cuestionario -para que los individuos obtengan información que complemente su conocimiento previo del bien sin inducir sesgos-, se puede obtener una valoración adecuada con ellos (Mitchell y Carson, 1989; Gans, 1999; Vázquez, 2002; Mogas 2004).

Aún con las limitaciones que los expertos (Mitchell y Carson, 1989; Riera, 1994; Freeman, 2003) reconocen, se considera que la técnica de valoración contingente responde de manera adecuada al objetivo planteado en esta investigación, pues permite obtener una medida del bienestar para bienes que no cuentan con un mercado explícito como en el caso del control del ruido, no se requiere contar con información sobre las transacciones realizadas de bienes complementarios, recoge directamente la opinión que tienen las personas sobre el bien a valorar y su aplicación admite la valoración ex-ante. En su aplicación, la principal condición a tener en cuenta es la de poner atención en la formulación de un mercado adecuado.

Los temas emergentes en la disciplina de los recursos naturales y economía ambiental requieren de sistemas alternativos de toma de decisiones que no estén basados únicamente en los valores comerciales de los recursos naturales, pues estos no incluyen el valor total de los recursos. En esta integración, la valoración contingente es considerada como un método exhaustivo que aproxima a la estimación de los beneficios que no se comercializan.

Con la inclusión de los valores de no mercado de los bienes y servicios ambientales en un análisis de coste-beneficio, la información que fundamenta la toma la decisión podría producir un plan de gestión integral y sostenible. A diferencia de los tradicionales análisis coste-beneficio puros, la valoración

contingente involucra a los colectivos afectados en el proceso de valoración, dando como resultado una política relativamente factible.

2.7 Conclusiones

En este capítulo se ha presentado un breve análisis de las principales estrategias de internalización de externalidades. Resulta contradictorio que la aproximación metodológica de dichas estrategias se fundamente principalmente en la economía de mercado, pero esto supone el reconocimiento de las limitaciones y de los errores que representa extender este análisis fuera de las fronteras donde resultan útiles.

En este sentido, la importancia de las técnicas de valoración de bienes ambientales radica en que facilitan asignar algún recurso una vez que se ha hecho la aproximación del coste que supone su suministro. Sin embargo, aun cuando su uso hace más eficiente la evaluación de los costes y beneficios de proporcionar algún bien o servicio de estas características, no garantiza que la calidad del mismo se mejore o deje de deteriorarse. Por ello, es necesario reconocer las posibilidades de estas metodologías sin asignarles la capacidad de solucionar el problema que se estudia.

Teniendo en cuenta lo anterior, su aplicación en esta investigación se debe a que el objeto de estudio es el control del ruido en las viviendas cuando se incrementan las exigencias prestacionales. El posicionamiento inicial fue que la mejor aproximación metodológica para estimar los beneficios es a través de las preferencias declaradas, específicamente con la técnica de valoración contingente. La aún reciente aceptación del CTE con sus documentos básicos, sumada a la contracción del mercado inmobiliario sufrida en el último lustro, dificultan en gran medida contar con un mercado de viviendas que hayan sido edificadas siguiendo las indicaciones del DB-HR; de esta manera, si lo que se pretende es estudiar un mercado que todavía no se ha consolidado, la opción viable es generarlo de manera contingente.

La técnica de valoración contingente ha sido utilizada en ámbitos muy diversos y a pesar de sus limitaciones, los resultados obtenidos han probado ser parámetros válidos. Sin embargo, y como se verá a continuación, su implementación requiere de un diseño cuidadoso para que sus resultados puedan ser validados.

Capítulo 3. El método de valoración contingente

Tras comentar los criterios básicos en que se fundamenta la economía ambiental, a continuación se revisa de manera específica el método de valoración contingente y algunas de sus aplicaciones en la arquitectura y el urbanismo.

La valoración contingente (VC) es un método basado en encuestas frecuentemente utilizado para obtener valores monetarios de bienes y servicios que no se intercambian en el mercado, como los beneficios de un paisaje, los daños ocasionados por altos niveles de contaminación o la pertinencia de una normativa. Para algunos autores (Mitchell y Carson, 1989; Riera, 1994; Carson, 2000; Boyle, 2003), aun cuando su práctica genere algunas controversias, es el único método viable para la inclusión de consideraciones pasivas de uso en un análisis económico.

En el método de valoración contingente, los valores monetarios se obtienen a partir de la disposición de las personas a pagar por una mejora del entorno, o de la disposición a aceptar una indemnización cuando se sufre un deterioro. Los investigadores entrevistan a una muestra de la población que es, o será afectada por una acción particular, y con la información obtenida se estima el valor que los encuestados dan al recurso en términos de su disposición a pagar (DAP) o disposición a ser compensados (DAC); la DAP representa lo máximo que una persona estaría dispuesta a pagar por el bien y así mantener su calidad de vida, mientras que la DAC representa el mínimo que estaría dispuesta a aceptar cuando se pierde el bien.

En general, el objetivo de la valoración contingente es obtener un estimado de los beneficios de un cambio en el nivel de provisión de un bien; el método tiene, pues, amplia práctica en el suministro de información para la gestión de los recursos. Para Frykblom (1997), el aspecto más atractivo del método de la valoración contingente es que permite estimar el valor total de un bien, en vez de sólo alguno de sus componentes.

Entre sus funciones más populares está su utilización en el análisis coste-beneficio de muchas regulaciones o programas cuya ejecución puede tener impactos significativos sobre el medio ambiente. Generalmente *“la función que desempeña el método de la valoración contingente en el análisis coste-beneficio es la de determinar el valor social de los beneficios netos externos, que no pueden observarse en el mercado. Por ello, como es habitual, el precio que se pretende obtener de las respuestas de la encuesta es el máximo que se estaría dispuesto a pagar por un determinado bien, o el mínimo a aceptar*

en compensación por la pérdida de este bien” (Riera, 1994). Mientras que los costes se suelen estimar de forma convencional, los costes sociales estarían reflejados en la determinación de los beneficios netos por el método de valoración contingente; si la suma de beneficios supera a la de costes, entonces el proyecto aparece como potencialmente rentable, por el contrario, si los costes superan a los beneficios es necesario revisar la pertinencia del proyecto (Carson, 2000).

3.1. Generalidades del método de valoración contingente

El método consiste en simular un cambio en la provisión de un bien y mediante una encuesta, se pregunta a los individuos por la cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar, o a recibir, por aceptar dicho cambio; *“el valor que se obtiene hace referencia a la diferencia en el bienestar de la población por el cambio discreto analizado”* (Mogas, 2004).

Según Carson (2000), en un estudio de valoración contingente se construyen escenarios en relación a posibles acciones futuras de gobierno y se pide a los encuestados que expresen sus preferencias acerca de ellas; estas decisiones son analizadas de una manera similar a las que los consumidores realizan en mercados reales. En ambos casos, el valor económico se deriva de elecciones observadas en el mercado, ya sea real o hipotético.

Por su planteamiento, la cantidad de bienes que pueden valorarse a través de él es casi ilimitada y se le considera como la técnica que más facilita los análisis *ex ante* (Riera, 1994; Carson 2000), que son importantes para priorizar el gasto público. El Banco Mundial lo ha utilizado para estimar la disposición a pagar por las conexiones de agua potable y alcantarillado en los países en desarrollo y ha basado sus decisiones de inversión en estos resultados. En EE.UU, los estudios de valoración contingente se han utilizado para calcular los costes sociales de la generación de electricidad, información que ha sido incorporada en las decisiones de inversión de las centrales eléctricas; en este mismo país, la planificación de recursos del Servicio Forestal los ha empleado para estimar los valores unitarios de diversas actividades recreativas.

Además, la valoración contingente es una de las técnicas más utilizadas para evaluar los daños de los recursos naturales. Quizá los ejemplos más significativos sean los derrames de petróleo o las emisiones tóxicas, en donde los administradores de los recursos suelen demandar a los potenciales responsables de los daños, como en el caso del derrame de petróleo del Exxon Valdez (Carson, 2000; Boyle, 2003).

3.1.1. Planteamiento conceptual y fiabilidad de los resultados

El planteamiento metodológico de la valoración contingente es en realidad bastante simple: se trata de simular un mercado para indagar sobre el comportamiento, bajo ciertas condiciones, de los consumidores potenciales. En otras palabras, los cuestionarios juegan el papel de un mercado donde la oferta está representada por el entrevistador y la demanda por el entrevistado.

El método intenta medir en unidades monetarias los cambios en el nivel de bienestar de las personas debido a un incremento o disminución de la cantidad o calidad de un bien; esta medida suele expresarse en términos de la cantidad máxima que una persona pagaría por un bien o, alternativamente, en función de la máxima disposición a ser compensado por la pérdida de éste. En ese sentido, el procedimiento típico es preguntar por la máxima DAP, ya que en este caso la persona se encuentra en una situación similar a la que vive cotidianamente: comprar, o no, una cantidad determinada de un bien a un precio dado, con las diferencias de que el mercado es hipotético y por lo general, no tendría que pagar la cantidad revelada (Riera, 1994).

Visto lo anterior, una de las principales críticas que recibe el método surge del propio planteamiento metodológico, ya que algunos de sus detractores han expresado escepticismo sobre la fiabilidad de las estimaciones argumentando que si el mercado es hipotético, las respuestas que se obtienen igualmente pueden serlo; si a lo anterior se suman las respuestas inverosímiles que se pueden observar en algunos estudios, las dudas parecen estar justificadas.

Otro motivo de controversia sobre el método es la elección del formato de medición, ya que los valores que se obtienen pueden presentar variaciones: las estimaciones suelen ser mayores cuando se pregunta por lo que se cobraría en compensación, que cuando se pide lo que se pagaría por disfrutar del bien. Sin embargo, como se ha comentado previamente en el capítulo anterior, la teoría económica muestra que las medidas no tienen por qué ser iguales. Riera (1994) considera que argumentos como los derechos de propiedad ayudan a fundamentar la elección entre la disposición al pago o a la compensación: si se disfruta de un bien y se plantea su pérdida, la medida aconsejable es la de disponibilidad a la compensación, mientras que si no se tiene acceso al bien, la medida debería expresarse en términos de disponibilidad al pago. En este sentido, la sugerencia es que se utilice la forma de disponibilidad a pagar argumentando que ésta constituye la opción más conservadora, es más fácil de medir y en el caso más desfavorable, indica un límite inferior de valoración.

Sin embargo, a pesar de las críticas, el método se ha utilizado para valorar tanto los beneficios de bienes y servicios ambientales, como alguna normativa, especialmente en las áreas de control de la contaminación. Como se ha mencionado, estudios realizados con este método han servido como insumos para las decisiones de inversión en los EE.UU. y el Banco Mundial, y se ha utilizado en los litigios sobre daños a los recursos naturales; en esos casos, sus resultados sugieren que las estimaciones obtenidas son comparables a las conseguidas con otros métodos de valoración, además de que proporcionan una estimación conservadora, demostrando con ello su pertinencia (Boyle, 2003). En 1993, la comisión de expertos impulsada por la "*National Oceanic and Atmospheric Administration*" (NOAA), concluyó que la valoración contingente era un método sólidamente fundamentado en la teoría económica y que no habían motivos razonables para cuestionar su validez. Adicionalmente, con el fin de asegurar la fiabilidad de los estudios que utilicen el método, la comisión sugirió las siguientes pautas: aplicar las encuestas en persona, seleccionar un formato de elección discreta binaria, incluir una

descripción detallada del bien y sus sustitutos, y aplicar pruebas de validez que deben ser incluidas en el informe final (Riera, 1994; Carson, 2000).

Para probar si la valoración contingente proporciona estimaciones efectivas, los investigadores han utilizado tres tipos de pruebas de validez: criterio, contenido y convergencia. La validez de criterio compara las estimaciones de valoración contingente con los resultados de las transacciones de mercado reales o simuladas. En el caso de los bienes privados, algunos experimentos no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de la voluntad hipotética y real de pago (Mitchell y Carson, 1989), pero en el caso de los bienes públicos, las comparaciones entre el valor real y la DAP generalmente han demostrado que la segunda sobreestima el valor del bien (Kealy *et al.*, 1987; Arrow *et al.*, 1993)¹. Esto puede explicarse por la influencia que tiene en la estimación de la DAP el comportamiento estratégico de algunos encuestados.

Mediante la validez de contenido se determina si el diseño de la encuesta y el análisis de los datos son consistentes con la teoría económica, la práctica establecida, y el objetivo de valoración. Con esta prueba de validez interna se intenta determinar si existe consistencia en las respuestas obtenidas en la encuesta; en ella se verifica si la DAP se comporta como predice la teoría, es decir si aumenta con el ingreso y la cantidad del bien valorado; para su realización se recurre a la inclusión en el cuestionario de covariables, y haciendo que cada encuestado valore diferentes cantidades del bien. También, con la prueba de validez de contenido, se indaga si en el cuestionario se describe el bien que se valora de una manera significativa y se evitan los sesgos introducidos por no mencionar los bienes sustitutos, o no alentar al encuestado a considerar su restricción presupuestaria.

La validez convergente hace referencia a la coherencia de las estimaciones de valoración contingente con las estimaciones proporcionadas por otro método de valoración; en esta se comparan las estimaciones obtenidas en ejercicios de valoración contingente con las producidas por el método de los precios hedónicos o el costo de viaje. El supuesto es que es poco probable que la gente exagere su DAP en una encuesta de valoración contingente simplemente porque no tienen que pagar por el bien. Un metanálisis de 89 estudios en que se estiman la DAP utilizando tanto métodos de preferencias declaradas como reveladas, encontró que la relación media de las estimaciones de valoración contingente con las producidas por métodos de preferencias observadas no fue significativamente diferente (Carson *et al.* 1996)². La comparación de la valoración contingente con otros métodos proporciona una evidencia importante de la fiabilidad del primero, pero no es concluyente y no se puede aplicar en todos los casos, por lo tanto es necesario aplicar las pruebas arriba mencionadas.

Otro tipo de prueba es la fiabilidad, que hace referencia a la posibilidad de obtener los mismos cálculos en la repetición de la prueba de valoración. La consideración de la validez y fiabilidad, así como la eficiencia de las estimaciones puntuales de valor, en conjunto, constituyen lo que se conoce como un

¹ En Carson, 2000.

² *Ibidem*

estudio de valoración contingente creíble. En general, el estado del arte demuestra que las claves para la realización de un estudio de valoración contingente creíble han estado en el diseño de la encuesta y en su aplicación, pues a través de ellas se proporcionan las condiciones de familiaridad que permiten la elección del bien que se estudia (Mitchell y Carson, 1989; Carson, 2000; World Bank Institute, 2002). Desde esta perspectiva, la credibilidad se ve como una función de los aspectos específicos del diseño del estudio: a través de él se puede aumentar o reducir la presencia de sesgos que influyen en la estimación de la medida de bienestar (Boyle, 2003).

Sin embargo, la prueba más simple corresponde a una conocida máxima económica: a mayor costo, más baja será la demanda. En el formato de elección discreta, esto se puede comprobar fácilmente si el porcentaje a favor del proyecto cae cuando la oferta de salida asignada al azar se incrementa; esta prueba de sensibilidad ante el precio rara vez falla en las aplicaciones empíricas (Carson, 2002).

3.1.2. Motivos de protesta y sesgos

Si bien el método de valoración contingente es conceptualmente sencillo, la complejidad de su implementación comporta la presencia de distintos tipos de sesgos, que sumados a la dificultad de contrastar los valores obtenidos con otros que sean verdaderos, son quizá las principales limitaciones que los expertos encuentran en la utilización de la valoración contingente.

Algunos estudios que aplican el método han obtenido un importante número de respuestas con valor cero para la DAP y/o algunos valores increíblemente grandes; las primeras pueden ser una prueba de los intentos por parte del encuestado para tergiversar la medida de bienestar con el fin de influir en el resultado de la encuesta. Otra posibilidad es que el valor cero sea una protesta, lo que indica que el encuestado considera que no tendría que pagar por el bien en la forma que se le presenta, aun cuando en realidad tenga una disposición positiva a pagar por él. Por otra parte, los valores de la DAP que son grandes en relación a los ingresos del encuestado también pueden indicar la presencia de un comportamiento estratégico, o que no ha considerado cuidadosamente la existencia de productos sustitutos y su restricción presupuestaria.

Para reducir los efectos de estos comportamientos en el cálculo de la medida de bienestar, los expertos han estudiado las conductas que resultan más significativas. Para Riera (1994), los sesgos se pueden agrupar de la siguiente manera:

“los que provienen de la utilización de encuestas a muestras de la población y los derivados del carácter hipotético del ejercicio. Para los primeros, que son los más conocidos, los economistas han compartido los avances con otras disciplinas, como la estadística y la sociología. Para el segundo grupo de sesgos, los intrínsecos al carácter hipotético del mercado, el principal es, seguramente, el ya discutido de los incentivos a revelar o no el valor verdadero (sesgo de estrategia). Pero, además, existen algunos otros. Brevemente, las fuentes más importantes de

sesgo son: la percepción incorrecta del contexto, las pistas implícitas para la evaluación y la complacencia de los entrevistados con los promotores de la encuesta”.

Para este mismo autor, los principales sesgos que se suelen inducir durante la aplicación del método se pueden dividir y subdividir en:

- I. Muestreo
- II. Planteamiento teórico:
Derechos de propiedad, disposición al pago o disposición a ser compensado.
- III. Actitud de los entrevistados:
Estrategia, complacencia con el promotor de la encuesta, complacencia con el entrevistador, interpretación de las medidas, restricciones presupuestarias.
- IV. Pistas implícitas para la valoración:
Importancia, ordenación o jerarquización, comparaciones, tanteo o rangos, precio de partida y formato cerrado, abanico de precios del rango.
- V. Percepción del contexto:
Planteamiento inexacto del contexto, credibilidad y forma de provisión del bien, simbolismo o idealización, confundir la parte con el todo.

El sesgo en la muestra se puede presentar cuando el tamaño de ésta no es el adecuado para cumplir con el nivel de fiabilidad que se establece; otro factor que puede ocasionar este tipo de sesgo tiene que ver con la selección de la muestra y a quién se encuesta en realidad, ya que al extrapolar los valores muestrales a toda la población se incurriría en un error de cálculo. La literatura recomienda realizar una buena selección de la muestra para disminuir estos sesgos potenciales.

Los sesgos en el planteamiento teórico tienen que ver con la apreciación incorrecta de los derechos de propiedad del bien y en qué términos se elabora la pregunta de valoración. En teoría (Capítulo 2), los valores obtenidos a partir de la máxima DAP debían ser sólo algo inferiores a los provenientes de preguntas formuladas en términos de la mínima DAC, pero algunas aplicaciones encontraban gran disparidad entre ambos. Algunas de las explicaciones para estas diferencias tienen su origen en la metodología por medio de la cual se presentan parámetros que pueden resultar desconocidos, pero también en el comportamiento de los individuos: el hecho de tener que rechazar a un derecho, la cautela y la diferencia entre el sentimiento de ganar o perder (Mitchell y Carson, 1989). Como medida general, y por un criterio conservador, se sugiere utilizar el formato de disposición al pago para reducir el efecto de este tipo de sesgos.

El sesgo de estrategia, que puede llevar a estimar valores finales distintos al verdadero, se presenta cuando al analizar un bien público los encuestados aplican una táctica determinada para expresar un precio distinto del que realmente creen con el fin de obtener, a través de su respuesta, un beneficio personal; esta situación no se daría en un bien con mercado real, pues en éste la persona pagaría como máximo una cantidad vinculada a sus preferencias y limitaciones presupuestales. Algunos de los factores

relevantes que incrementan la motivación a realizar actos estratégicos son la prominencia del bien, el potencial de ser excluidos de su aprovechamiento y los derechos de propiedad (relación disponibilidad-pago). La solución teórica al problema puede estar vinculada al formato de pregunta; cuando se ofrece un precio de salida, el encuestado debe responder con un sí o un no a la cantidad que se le muestra y con ello sobrestimar el valor verdadero, pero no forzar hacia un valor superior. Con estos se reduce el riesgo de encontrar diferencias importantes entre la valoración media real y la estimada (Boyle, 2003).

Los sesgos de complacencia se presentan cuando los encuestados no revelan su disposición a pagar, sino la que cree que complacerá a otra persona; en el caso de complacencia con el entrevistador, sus efectos se evitan mediante la formación de los entrevistadores.

El sesgo de interpretación de medidas se presenta cuando las respuestas a la pregunta de valoración difieren de una persona a otra por utilizar una escala de medición distinta a la planteada originalmente. La interpretación inadecuada de la restricción presupuestaria también puede generar sesgos; lo anterior significa, por ejemplo, que cuando el cuestionario va dirigido a personas y no a familias, el encuestado puede utilizar, de manera implícita, el nivel de renta de su unidad familiar. El diseño cuidadoso de la encuesta contribuye a evitar interpretaciones inadecuadas.

Los sesgos producidos por la información que se incluye en la propia encuesta son los más comunes y pueden generar una estimación errónea de la medida de bienestar. Las pistas implícitas que se pueden proporcionar están relacionadas principalmente con la importancia real que tiene el bien, o algunos de sus componentes, y con la respuesta guiada a través de alguna indicación de los precios en el formato de pregunta, que genera un problema de anclaje. En general, parece que cuanto más imprecisa sea la percepción del bien, mayor será la tendencia a cometer este tipo de sesgos.

El último grupo de sesgos está relacionado con la forma en que se describe el contexto en la encuesta, el cual puede ser inexacto o mal interpretado. La descripción detallada del bien en cuestión y la utilización de material de apoyo pueden ayudar a minimizar el efecto de este tipo de sesgos. En este sentido, Row y Chestnut³ recomiendan que la redacción sea *“informativa, comprendida con claridad; realista al apoyarse en modelos de comportamiento establecidos y en instituciones legales; tener una aplicación uniforme para todos los encuestados; y, si puede ser, dejar a la persona entrevistada con la idea de que la situación y su respuesta no sólo son creíbles sino también importantes”*.

En el caso de que los encuestados no respondan a la pregunta de valoración, puede que la situación sea ocasionada por algún defecto en la redacción del cuestionario que deberá corregirse de ser posible. Para las respuestas cero es aplicable el mismo argumento, pero se añade otra condición: no todos los valores cero son de protesta. Con el fin de discriminar los cero genuinos de los de protesta los expertos recomiendan incluir una pregunta que intente averiguar el motivo por el que se ha dado este valor; de esta manera se podrán incluir los valores nulos en el cálculo del valor agregado.

³ En Riera, 1994

3.1.3. Explotación de información e interpretación de los resultados

Una vez que se han aplicado las encuestas, se procede a la explotación e interpretación de la información obtenida. En una primera etapa, se trasladan los datos contenidos en la encuesta a una base de datos que resulte compatible con los programas estadísticos que permita obtener los resultados.

Un problema importante que se suscita durante la explotación de la información es la detección y manejo de las respuestas de protesta en la manera que se ha comentado con anterioridad. Según Riera (1994), no existe una regla sobre cómo proceder con estas respuestas aunque la posición mayoritaria es el de excluirlas, y recomienda que en el informe final se indique su tratamiento así como el porcentaje que representan del total de respuestas. Valores del 20 al 30% de no respuestas o respuestas de protesta se consideran aceptables en Estados Unidos, mientras que en España, el intervalo puede incrementarse hasta en diez puntos y el estudio ser fiable.

También en esta etapa, dependiendo del formato de pregunta de valoración que se emplee, se suelen aplicar modelos econométricos para obtener la DAP media y explicar cómo las variables independientes influyen en la disposición a pagar; con estos procedimientos se pretende conocer los factores que determinan que una persona dé un valor más alto o más bajo que otra al bien que se estudia. Adicionalmente, esta información puede constituir un conjunto de pistas útiles para la toma de decisiones sobre la provisión o no del bien, el precio y la forma de pago del mismo.

Finalmente, una vez solventados los planteamientos anteriores, se procede a la interpretación de los resultados. Por la complejidad implícita del ejercicio, se recomienda que el valor obtenido sea considerado como una aproximación al valor del bien; sin embargo, si el ejercicio se ha realizado de manera correcta, los expertos no consideran que el resultado se aleje demasiado del valor real.

Para analizar la pertinencia de los resultados, se recomienda realizarles un análisis de sensibilidad introduciendo variaciones relativamente pequeñas en alguna de las variables para observar cómo se modifica el resultado final. Ejemplo de lo anterior puede ser trabajar con la media truncada, o incluir las respuestas de protesta para observar el efecto en las estimaciones.

3.2. Metodología de implementación

Como ha sido comentado, los elementos fundamentales de un estudio de valoración contingente son el diseño del instrumento y el análisis de los datos obtenidos. Es en estas dos etapas del estudio que las decisiones adoptadas puede afectar sustancialmente las estimaciones realizadas. Por lo tanto, el diseño cuidadoso de la encuesta de valoración y el análisis de los datos resultantes son cruciales para elaborar un estudio creíble. Para Boyle (2003), los pasos necesarios para implementar un estudio de valoración contingente son los siguientes:

1. Identificar el cambio en la cantidad o calidad del bien.
2. Identificar los efectos que produce el cambio que se estiman.
3. Seleccionar el modo de recopilación de la información.
4. Definir el tamaño muestral.
5. Diseñar la encuesta.
 - 5.1. Describir el elemento que se valora.
 - 5.2. Explicar el método de suministro.
 - 5.3. Seleccionar un medio de pago.
 - 5.4. Seleccionar una regla de decisión.
 - 5.5. Seleccionar el marco temporal para la realización del pago.
6. Diseñar la pregunta de valoración contingente.
 - 6.1. Seleccionar un formato de pregunta.
 - 6.2. Desarrollar preguntas para la detección de valores cero, de protestas y de otros tipos de respuestas estratégicas.
7. Desarrollar preguntas auxiliares para su inclusión en el instrumento de la encuesta.
 - 7.1. Desarrollar preguntas que ayudan a las covariables para los análisis estadísticos de las respuestas de valoración.
 - 7.2. Desarrollar las preguntas que ayudan a evaluar la validez de la valoración respuestas.
8. Validar la encuesta con prueba piloto y aplicación a la muestra de la población.
9. Desarrollar procedimientos de análisis de datos y realizar análisis estadísticos.
10. Presentar los resultados de las estimaciones del valor.

Las etapas previas al diseño de la encuesta corresponden básicamente a la definición del bien y de la población afectada; en la parte central del estudio se diseña y aplica la encuesta y en la fase final se analiza la información y se presentan los resultados.

En algunas ocasiones no está claro el bien que se desea valorar, en particular su cantidad, por lo que al iniciar el estudio es muy importante saber exactamente lo que se quiere medir en unidades monetarias; la ambigüedad en la información que se proporciona al encuestado podría dificultar la valoración del objeto de estudio. Una vez definido lo que se valora, se debe especificar cuál es la población relevante, decisión crucial para la fiabilidad del estudio ya que los resultados agregados variarán significativamente en función de cómo se defina; en la práctica, la definición depende del uso principal del estudio y en caso de duda, se sugiere optar por la opción conservadora representada por la población menor (Riera, 1994).

La simulación del mercado a través de la encuesta es la parte esencial del ejercicio de valoración contingente; en ella se debe definir la cantidad y forma de provisión del bien, y seleccionar alguno de los formatos de presentación de la pregunta sobre la disposición a pagar y la forma en que éste se realizará. De manera general, los expertos recomiendan que la simulación se aproxime lo más posible a los escenarios de mercados reales. Finalmente, una vez que se han aplicado las encuestas, la información se procesa estadísticamente para generar resultados que deben ser interpretados de acuerdo al marco

teórico de la investigación. Siguiendo con el esquema de trabajo propuesto por Boyle, a continuación se describen más a detalle las etapas principales del proceso.

3.2.1. Identificación del cambio en la cantidad o calidad del bien

En esta fase se desarrolla el modelo sobre el cambio que será estimado en el bien, teniendo en consideración la diferencia entre la línea base de la utilidad con la condición actual de éste último, y la utilidad con la nueva condición, tal como se definió en el Capítulo 2. Esta definición teórica del cambio es fundamental pues permite describir las condiciones con y sin la política que se valora, e interpretar de manera clara las estimaciones del cambio en un contexto específico.

Lo anterior requiere de una representación detallada de la condición actual del bien y lo que pasaría si las condiciones actuales se mantienen. La descripción también debe incluir la modificación propuesta y el consiguiente efecto sobre la disponibilidad del bien a través del tiempo. La dificultad de esta etapa está en identificar los cambios físicos y cómo afectan a la utilidad, ya que depende de información para establecer el estado original y realizar las predicciones sobre las condiciones del bien sin la aplicación de la medida propuesta, pero en muchas ocasiones, esta información no se conoce con certeza. En cualquier caso, la recomendación es que la variación en la cantidad o calidad sea, además de apropiada para la investigación, realista y de fácil comprensión.

El problema de presentar un escenario con información imprecisa o inexistente sobre el cambio es que los encuestados elaboran sus propias suposiciones acerca de lo que la medida representa, utilizando para ello supuestos diferentes, es decir, podrán valorar diferentes cambios en el bien. Sin esta información, los encuestados dejan de hacer dos supuestos: cómo afecta la medida propuesta las condiciones del bien, y cómo el cambio en éste afecta a los servicios que ellos reciben. En los ejercicios sobre valoración de la contaminación acústica donde se define el cambio en función de una reducción de los niveles de ruido en una cantidad específica, pero sin contar con otro tipo de referente, la complejidad inherente al fenómeno de la percepción de los sonidos puede implicar que las personas no estén valorando lo mismo.

Finalmente, al abordar esta fase, es importante reconocer que tipo de estudio se realiza: algunos de ellos se concentran en las contribuciones metodológicas y no están diseñados para hacer frente a un cambio definido en un bien, mientras que otros están planteados para analizar una política específica. Esta diferencia es crucial, porque los estudios metodológicos pueden utilizar la definición de cambio que el investigador considere conveniente, mientras que en el análisis de una política específica, la modificación en la utilidad está vinculada al cambio previamente definido.

3.2.2. Identificación de los efectos del cambio

En esta etapa se identifica el cambio en el bien con sus efectos en las personas y se define a los que se verán afectados; esta información resultará importante para la selección del marco muestral y para

convertir los valores individuales en el valor total que el total de la población afectada otorga al bien. Además, el tamaño de la población afectada puede incidir en la forma en que se administre el cuestionario.

Como unidad de medición, algunas encuestas obtienen valores individuales y otras los hacen de los hogares, por lo que es importante dejarlo en claro ya que el valor final del bien se ve afectada de manera muy significativa por esta condición. Para Mitchell y Carson (1989), los pagos para la mayoría de los bienes públicos se hacen a nivel familiar, por lo que sería válido permitir que cualquier adulto que afirme ser la persona principal del hogar sea el representante de la familia; sin embargo, aquí es importante identificar quién es el que toma las decisiones apropiadas en el del hogar para dar credibilidad a las estimaciones de bienestar. En todo caso, el investigador deberá tomar la decisión sobre las unidades de medida basado en el cambio que se ofrezca del bien, en las pruebas preliminares, la disponibilidad de un marco de muestreo, y tal vez en la intuición personal (Boyle, 2003).

3.2.3. Selección de la muestra representativa y administración del cuestionario

Una vez que se define el bien, debe decidirse la población objetivo, condición que puede afectar de manera significativa la fiabilidad del estudio cuando la disposición a pagar se expresa en forma agregada. Su determinación depende básicamente de la naturaleza y ubicación del bien que se valora, utilizando para ello procedimientos probabilísticos para seleccionar una muestra que reciba el cuestionario de valoración contingente; el tamaño muestral dependerá de la elección de un nivel aceptable de precisión (nivel de confianza y margen de error) dentro de un determinado presupuesto. El interés en el tamaño muestral radica, principalmente, en que la precisión de los valores estimados puede afectar su utilidad en el análisis de políticas; una estimación realizada con un porcentaje de error estadístico grande puede suscitar dudas sobre si realmente los beneficios superan los costos, o sobre cuanto debería ser el pago por un daño específico en un bien.

Mitchell y Carson (1989) señalan que los estudios de valoración contingente “requieren muestras de gran tamaño debido a la gran variación en las respuestas”, en otras palabras, para una variación dada el valor absoluto del error estándar puede reducirse aumentando el tamaño de la muestra. Esto significa que no se puede aplicar el mismo tamaño de muestra en todas las aplicaciones de valoración contingente y que no es apropiado seleccionarlas como porcentaje de la población afectada. En la práctica, en la mayoría de los estudios se elige el tamaño de muestra más grande posible que permita el presupuesto (Boyle, 2003).

Se recomienda que la selección del tamaño muestral también incluya la consideración de la tasa de respuesta esperada, la falta de respuesta en la pregunta de valoración y en las covariables que se utilizarán para validarla, la estratificación de la muestra, si todas las personas u hogares contactados son elegibles para participar en la encuesta, etc. En ocasiones, todas estas consideraciones han llevado a la utilización de muestras de conveniencia, en donde los entrevistados se seleccionan en espacios públicos

o a través de anuncios en los periódicos; dichas muestras suelen ser suficientes cuando el objetivo es comprobar cómo ciertos cambios afectan a las respuestas, pero dificulta que los valores de la DAP sean generalizados a la población total (World Bank Institute, 2002).

Muy relacionado con el tamaño muestral, en el diseño de la investigación también debe determinarse el método por el cual se administrará el cuestionario. La medida de bienestar puede ser obtenida a través de entrevistas personales, en encuestas por correo o por teléfono; la elección del método afectará tanto el costo de realización como la tasa de respuesta. La forma más común de administrar el cuestionario es por correo (Schneemann en Boyle, 2003), pero la recomendación es utilizar las entrevistas personales (Mitchell y Carson, 1989; Osorio y Correa, 2009).

Cada método tiene relativas fortalezas y debilidades. La razón principal de aplicar las encuestas por correo es su bajo costo en comparación de los otros medios y con un presupuesto limitado, un método menos costoso permite un tamaño de muestra mayor, pero suele presentar el inconveniente del relativamente bajo porcentaje de cuestionarios retornados, lo que obliga a trabajar con muestras bastante mayores. Otro problema es el del tiempo que conlleva esta modalidad, ya que suelen pasar semanas e incluso varios meses hasta que se da por concluida la recepción de cuestionarios (Riera, 1994).

Otro factor importante que condiciona el formato de administración es el suministro de información sobre el tema de valoración: algunos tipos de apoyo, como los visuales, sólo pueden ser utilizados en las encuestas que se aplican de manera personal y en las encuestas por correo. También se debe de considerar que ciertas técnicas de obtención, como las preguntas cuya redacción depende de la respuesta a las preguntas anteriores, son difíciles de administrar en las encuestas por correo. En general, las entrevistas personales son las más caras, seguidas de las telefónicas; las tasas de respuesta son más bajas en las encuestas por correo, formato que además puede conducir a sesgos cuando las personas que se niegan a responder, quizá por falta de interés en el tema, tienen valores que son diferentes de lo que refleja su negativa (World Bank Institute, 2002).

3.2.4. Diseño de la encuesta

El diseño de la encuesta es un componente crucial que se centra en la información que se proporciona a las personas que participan, lo que significa hacer de su conocimiento el bien que se valora, la forma en que se proporcionará y cómo pagarán por él. La consideración general es que la información se debe de suministrar de manera cuidadosa al total de los encuestados.

La estructura general de la encuesta es:

- Introducción, con la naturaleza de la investigación.
- Descripción del estado actual del bien.
- Preguntas sobre las experiencias del encuestado con respecto al bien.
- Presentación del escenario que incluye: atributos, medios de provisión y vehículo de pago.

- Preguntas de verificación y control.
- Preguntas sobre las características sociodemográficas.

3.2.4.1 Descripción del mercado contingente

Esta parte de la encuesta sirve para familiarizar al encuestado con el llamado escenario de valoración, y en ella se puede presentar el cambio en la cantidad y/o calidad del bien. La descripción del mercado, que funciona como fase de preparación, debe ser imparcial de manera que no incentive comportamientos específicos (sea insesgada) y debe tener validez de confrontación o de constructo, entendida ésta como la relación entre la DAP y las variables explicativas (Freeman, 2003; Osorio y Correa, 2009).

Además de la cantidad y calidad, se debe dejar en claro cuál es la alternativa a la provisión del bien; en la mayoría de los casos, la alternativa planteada es la de mantener el estado de las cosas. También es importante que el escenario sea plausible, ya que si los encuestados consideran que existen inconsistencias asociadas al bien ofertado, probablemente desestimen el ejercicio de valoración (Riera, 1994; World Bank Institute, 2002).

Por tanto, la información suele presentarse en forma escrita o verbal y acompañarse de gráficos, imágenes u otros medios que faciliten su comprensión; los bienes con los que no se está familiarizado, como el control de los niveles de ruido expresados en decibelios, son inherentemente más difíciles de describir que los bienes más familiares. Además, a pesar del conocimiento que puede haber de bienes más básicos, es esencial que el encuestado entienda lo que se plantea en la investigación para que se valore lo que se desea; algunas investigaciones sugieren que los encuestados no son plenamente conscientes de la forma en que actualmente se benefician de un recurso o de cómo lo pueden hacer en el futuro (Bergstrom, Stoll, y Randall en Boyle, 2003).

En la información proporcionada se debe incluir el nivel de partida en que se proporciona el bien y el cambio objeto de valoración, así como los servicios que presta y sus efectos sobre los individuos y sus bienes; esto no requiere un escenario amplio, sino que sea claro para que los encuestados entiendan el cambio que se les pide valorar y tengan en cuenta todas las opciones relevantes, aun cuando no estén familiarizados con el bien. En este sentido, la descripción del escenario debe estar redactada de manera que todas las personas le den el significado que el investigador desea darle (Riera, 1994).

También, desde la perspectiva de la teoría económica, otra información importante que se debe proporcionar es la descripción de los posibles sustitutos del bien que se valora y los recordatorios sobre la posibilidad de gastar el dinero en otros productos (restricción presupuestaria); estos factores deben ser incluidos, ya que de lo contrario se pueden hacer suposiciones diferentes acerca del bien. La presunción de esta recomendación es que la gente no va a pensar acerca de los sustitutos o de sus limitaciones presupuestarias, a menos que se le pide que lo haga (Boyle, 2003; Osorio y Correa, 2009).

Para determinar si el escenario se ha comunicado con éxito y ha sido aceptado, por lo general se requiere introducir una serie de preguntas de validación; la falta de comunicación de un escenario realista puede ocasionar que no se le tome en serio, o que se sustituya información con factores introducidos por el encuestado, lo que se puede traducir en sesgos de la medida de bienestar (Riera, 1994; Osorio y Correa, 2009).

Todo lo anterior parece indicar que no hay normas específicas para la formulación de escenarios, pero lo que los expertos recomiendan para evitar las malas especificaciones es probar las encuestas en pequeños grupos previamente a su aplicación definitiva; estas pruebas permiten verificar si los encuestados reciben y procesan la información de manera adecuada antes de emitir sus respuestas de valoración.

3.2.4.2 Suministro del bien, medio de pago y tiempo para su realización.

El método de suministro es el mecanismo mediante el cual una política será implementada; en un sentido genérico, el método de suministro es el “proceso de producción” del cambio propuesto. Su elección debe ser cuidadosa porque a través de él se pueden proporcionar pistas a los encuestados que afecten sus respuestas. La forma en que se ofrece el bien, el momento en que se proveerá, quien se responsabilizará de ello y lo que el individuo pagará por él debe ser claramente especificada; en esta etapa se debe explicar con claridad cuando y en qué condiciones se proporcionará el bien, o en qué condiciones se implementará la política, ya que el encuestado puede estar dispuesto a pagar más o menos dependiendo de la rapidez con la que podría disfrutar del objeto de estudio (Riera, 1994; World Bank Institute, 2002).

En algunos casos en que se estudia la implementación de una política, el método de disposición ya ha sido especificado previamente, y su uso es la consideración más adecuada; sin embargo, si la realización de pruebas preliminares revelan que el método original de provisión genera respuestas de protesta, se recomienda reconsiderar el método para proponer otras vías de suministro. En otros casos, durante la realización de estudios “*ex ante*”, el método de disposición no ha sido decidido y se deja al diseñador la elección.

El medio de pago es otra parte del diseño que puede influir significativamente en las estimaciones de bienestar. En buena medida, el planteamiento debe ser parecido al mercado real; el pago puede realizarse al contado, a crédito o a plazos y si el promotor es el sector público, pueden utilizarse impuestos, tasas o arbitrios. Al momento se han utilizado una variedad de vehículos de pago, siendo algunos de ellos los que se mencionan a continuación:

- Impuestos sobre la renta
- Aumento general de precios e impuestos
- Cuota de ingreso
- Facturas de servicios públicos
- Donaciones

Con independencia de la opción elegida, ésta debe presentarse con claridad a los encuestados, pues de no ser así, cada uno podría imaginar una forma de pago distinta y por tanto revelar una DAP no homogénea (Riera, 1994). También, el hecho de fallar al proporcionar un medio de pago real puede conducir a obtener respuestas de protesta. Con estos comportamientos, los encuestados pueden rechazar los ejercicios de valoración porque el mecanismo de pago no es creíble, incluso si valoran de manera positiva el cambio.

En todo caso, la realización de pruebas preliminares en grupos focales durante la selección del método de suministro y del medio de pago facilita identificar si se presenta la probabilidad de que se afecte sustancialmente la valoración; si los mecanismos han sido predefinidos entonces este es el punto de partida, sin embargo, cuando son rechazados en las pruebas preliminares, deben ser considerados otros medios.

Finalmente, con respecto a la selección del tiempo en que se realizará el pago, se debe informar cuántos pagos se tendrán que hacer y con qué frecuencia; el valor de la medida de bienestar puede ser obtenido con un pago único, al inicio de la propuesta, o a través de diversos pagos durante la vida útil de ésta. Algunos ejemplos de diferentes tiempos de pago son:

- Pago único
- Cada vez que se participa
- Permanente
- Pagos anuales por "x" número de años

Algunos investigadores (Carson, 2000; Stevens, DeCoteau, y Willis en Boyle, 2003) han demostrado que el rendimiento de la DAP con pagos repetidos, en comparación con un pago único, puede ser estadísticamente diferente; en este caso, la estimación con pagos repetidos puede ser sustancialmente mayor. El pago único es apropiado en los casos en que la prestación del bien se presenta en un evento único, pero no en casos como la contaminación, donde las acciones que se pondrían en marcha son fácilmente visibles. Por lo anterior, y al igual que con las otras fases del diseño, se recomienda que la elección del medio de pago se realice con cautela.

3.2.4.3 Selección de la regla de decisión.

La regla de decisión, que debe ser comunicada durante la aplicación de la encuesta y que está estrechamente relacionada con el medio de pago, hace referencia al mecanismo por el cual los

resultados del estudio de valoración contingente serán utilizados para decidir sobre la provisión del bien. Este elemento indica la forma en que el bienestar individual se transforma en colectivo.

En muchos casos, la regla de decisión es que la política se implementará si al menos el 50% de los encuestados responde positivamente a la pregunta de valoración. Para un bien público, es común enmarcar el estudio como un referéndum, es decir, se pregunta al entrevistado si votaría a favor de una proposición en una boleta que de ser aprobada por la mayoría, proporcionaría el bien al costo expresado (World Bank Institute, 2002). Sin embargo, en estos casos, los encuestados pueden responder en favor del interés del grupo afectado, y con ello exagerar o subestimar su DAP.

Todos estos elementos son importantes para la definición de la situación de “mercado” del bien que se analiza, ya que los encuestados tienden a reaccionar de manera diferente a una regulación de la contaminación cuyo costo es pagado por las empresas (incluso si las empresas pasan el costo a los accionistas y consumidores), que a la disminución de la contaminación financiado por los impuestos.

Para concluir con la etapa introductoria, es necesario mencionar que su redacción puede realizarse mediante párrafos descriptivos, mediante preguntas o utilizando una combinación de ambos. Como ya se mencionó, la descripción puede apoyarse con materiales de diversa índole, siempre y cuando mantengan el carácter neutral del escenario.

3.3. Variantes del método de pregunta: formato abierto o intervalos de preferencias

Una vez que se ha redactado la introducción de la encuesta, se aborda la parte crítica del ejercicio al plantear la pregunta de valoración y el formato de respuesta. Es en esa pregunta -o en el párrafo inmediatamente anterior- donde se suelen especificar el método, condiciones y vehículo de pago, así como las cantidades y forma de provisión del bien que se valora.

La característica fundamental para definir la pregunta de valoración es el formato de respuesta que se utiliza para obtener la DAP o DAC. Estos formatos pueden proporcionar una estimación puntual (formato continuo), o intervalos en los que se encuentra cuando se pide al encuestado que exprese si pagaría (o aceptaría) por lo menos una cantidad determinada (formato discreto). Los formatos principales son el abierto, las tarjetas de pago y la elección dicotómica; los componentes del escenario descritos con anterioridad se pueden llevar de un formato a otro con sólo modificaciones leves.

De todos los formatos, el más simple es cuando se pregunta a los encuestados sobre cuánto es lo máximo que pagarían por el bien en cuestión. Este planteamiento proporciona la DAP de manera directa y no suministra señales de valor implícito al encuestado, pero puede ser una pregunta difícil de responder, sobre todo si está poco familiarizado con el bien. Por esta razón, los datos recolectados a través de este enfoque suele caracterizarse por presentar una dispersión importante, o por la negativa a responder a la pregunta.

Un ejemplo de la redacción de una pregunta abierta es la utilizada por Gales y Poe⁴:

Si la aprobación de la propuesta le costaría una cierta cantidad de dinero cada año en el futuro previsible, ¿cuál es la máxima cantidad que usted pagaría anualmente y así votar por el programa? (Escriba la cantidad máxima en dólares en el que todavía votaría por el programa)

En este tipo de preguntas, los encuestados cuentan con un espacio en blanco donde escribir su máxima DAP y las respuestas obtenidas a las preguntas de valoración dan como resultado una distribución continua en el intervalo $(0, \infty)$.

Una alternativa al formato anterior es presentar al encuestado las llamadas tarjetas de pago: en ellas se exponen varias ofertas impresas y se le pregunta si alguna de éstas está cerca de su máxima DAP; adicionalmente pueden presentar información sobre algunos bienes o servicios públicos con el fin de mostrar un referente muy general sobre los sustitutos. La mecánica que se sigue es pedir al encuestado que encierre en un círculo la cantidad monetaria que mejor representa lo máximo que podría pagar por el cambio en el recurso. Un ejemplo de la redacción de este formato de pregunta es:

Si la aprobación de la propuesta le costaría estas cantidades todos los años en el futuro previsible, ¿cuál es la cantidad máxima que pagaría y con la que todavía votaría por el programa? (Marque la cantidad máxima con la que votaría por el programa)

Normalmente, esta pregunta va seguida de una tabla en la que se incluyen cantidades predefinidas. Las respuestas obtenidas con este formato revelan la valoración de los encuestados, la cual reside dentro de un intervalo de $k+1$, donde k representa las cantidades de dinero en la tarjeta de pago.

Este método probablemente facilitará la tarea de responder, pero sus efectos sobre la DAP están en discusión. Mientras que el World Bank Institute (2002) considera que puede animar al encuestado a limitar su DAP a los valores de la tarjeta, Boyle (2003) indica que las aplicaciones de las tarjetas de pago han proporcionado valoraciones sin anclajes. Una de las soluciones propuestas es la de ofrecer distintos precios de salida a diferentes partes de la muestra, de manera que se pueda contrastar el valor de la DAP.

En cuanto a los formatos de elección dicotómica, en ellos se pregunta sobre si se está dispuesto a pagar un monto determinado por el bien en cuestión, y sólo se requiere una respuesta afirmativa o negativa. El formato de elección imita el “tómalo o déjalo” que enfrentan los compradores en un mercado real; en el caso de un bien público, la elección que enfrentan los ciudadanos es un referéndum. Para Mitchell y Carson, (1989), las preguntas dicotómicas son un formato que motiva a las personas a expresar sus preferencias, mientras que Riera (1994) considera que permite obtener valores menos dispersos y más fiables.

⁴ En Boyle, 2003

Un ejemplo de pregunta dicotómica en donde elige una cantidad es la siguiente:

¿Votaría usted esta propuesta si le costara _____ cada año en el futuro inmediato?

En esta pregunta de opción dicotómica, enmarcada en un referéndum, los encuestados pueden responder sí o no a los montos de las ofertas que se introducen en el espacio en blanco. Para este formato se pregunta a cada encuestado si pagaría por lo menos “x” cantidad por el bien en cuestión, en donde “x” toma en cada caso, un valor al azar de una lista de valores seleccionados previamente. Una respuesta afirmativa a esta pregunta, sin embargo, sólo indica que la DAP del encuestado se encuentra en el intervalo abierto (x, ∞).

En el juego de ofertas (licitaciones), la máxima disposición a pagar puede obtenerse presentando al entrevistado una secuencia de ofertas para que exprese su voluntad; en un juego de licitación, como en el formato anterior, se pregunta a los encuestados acerca de un determinado valor de la DAP. A los que acceden a pagar el valor inicial se les ofrecen valores más y más grandes, hasta que finalmente se obtiene un “no” como respuesta. Por su parte, a los que se niegan a pagar la cantidad inicial se les ofrece una cantidad menor, hasta que se obtiene una respuesta afirmativa. Las magnitudes de las ofertas de partida, así como el número de iteraciones y la magnitud de éstas varían de un estudio a otro.

Otra variante del formato de elección dicotómica consiste en que la primer pregunta cerrada sea seguida de una pregunta destinada a enmarcan más estrechamente la DAP. Si la persona dice que va a pagar al menos “x” por el bien, posteriormente se le pregunta si pagaría un valor más alto, “y”, con la esperanza de que pague menos que eso; con esto se pueden formar intervalos más estrictos en el que la cantidad de la DAP se encuentra entre (x,y), lo que resulta en una mayor eficiencia de las estimaciones de la media (o mediana) de la DAP y de los coeficientes que componen su función (Hanemann *et al.* 1991)⁵. Para determinar los valores que se presentan a los encuestados y así obtener estimaciones estadísticamente eficientes se suele recurrir a información inicial sobre la distribución de la DAP obtenida a partir de encuestas de prueba.

Sin embargo, en esta modalidad se han detectado sesgos a partir de la pregunta sobre el pago inicial y su seguimiento; en otras palabras, uno de los principales problemas del formato de tanteo es el número de preguntas que puede contener, lo que se puede traducir en cansancio y en un valor que no es real. También, el planteamiento de las preguntas pueden inducir el rechazo de la situación, especialmente si los encuestados asocian la cantidad sugerida en la pregunta de opción de pago como el coste al que se puede proporcionar el bien público o servicio.

Cooper *et al.* (2001) presentan una solución a este problema mediante la introducción del formato de “uno y medio” (*one and one-hand-bound*). En este formato, al entrevistado se le dan dos precios por adelantado y se le informa que el costo exacto es incierto pero se sabe que está limitado por estos; los autores argumentan que con su aplicación se podría reducir significativamente el riesgo de que se

⁵En World Bank Institute, 2002

presente un escenario de negociación cuando se propone al encuestado la oferta de seguimiento. La aplicación de esta metodología implica, antes de hacer las preguntas de valoración, informar a los encuestados acerca de los límites de los costos esperados de la prestación del bien ambiental, los que se conocen como las ofertas (o precios) inferior y superior. Para la valoración, elegido al azar, se presenta al encuestado uno de estos dos precios como punto inicial; si se elige el superior y el encuestado responde que “NO”, se le pregunta si está dispuesto a pagar el inferior. Del mismo modo, si se preguntó por primera vez por el precio inferior y el entrevistado dice que “SÍ”, entonces se le cuestiona si está dispuesto a pagar el superior. En los otros dos casos el proceso de obtención se detiene cuando el precio propuesto por primera vez es el superior y el entrevistado responde afirmativamente, o si el precio propuesto por primera vez es el inferior y la respuesta es “NO”.

En general, aun cuando los formatos de elección dicotómica son ampliamente utilizados, se discute sobre su eficiencia ya que se considera que induce al llamado sesgo de partida, que correlaciona significativamente el importe final de la DAP con la elección de la cifra inicial; en otras palabras, cuanto mayor sea el precio de salida, mayor será la oferta final para la que la gente contestaría de manera positiva (World Bank Institute, 2002; Boyle, 2003). Lo anterior se puede explicar a través de la intuición de mercado que lleva a los encuestados a interpretar que los precios y la calidad a menudo se perciben como señales implícitas de la calidad de un bien.

En general, los investigadores consideran que la formulación de la pregunta de valoración contingente es simple: mientras que los datos relativos a la elección de la redacción y la estructura de la oración varían de estudio a estudio, la elaboración es bastante estándar. Sin embargo, las dificultades en su diseño se vinculan al desarrollo del escenario que incluye la información que precede la pregunta de valoración, es decir, el problema no es tanto cómo se hacen la pregunta, pero si las ofertas y los sesgos en las estimaciones del bienestar inducidos por los formatos seleccionados. Por otra parte, una elección adecuada facilita el desarrollo de hipótesis bien definidas para probar estadísticamente.

Un formato de elección discreta, en comparación con la pregunta abierta que pide directamente la DAP, puede dar lugar a estimaciones diferentes. La teoría económica argumenta que los incentivos para la revelación de las verdaderas preferencias son diferentes para estos dos formatos y, como consecuencia, cabría esperar que las estimaciones sean diferentes.

De esta manera, cada formato presenta fortalezas y debilidades, las que se sintetizan en la Tabla 3.1. Los argumentos para su elección se han venido comentando en este epígrafe y se complementan con las siguientes consideraciones.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los formatos de respuesta

Características	Formato abierto	Tarjetas de pago	Elección dicotómica
Compatible con incentivos	No	No	Si, propiedad deseable
Requiere de diseño de la oferta	No	Si	Si
Tipo de respuestas	Continuos	Intervalo	Intervalo
Problemas potenciales	Oferta cero	Anclaje	Anclaje, complacencia, voto solidario (buen ciudadano)

Fuente: Elaboración propia a partir de Boyle, 2003

Cuando la pregunta de valoración es dicotómica y está enmarcada en un formato de referéndum, su naturaleza del “tómalo o déjalo” le da unas propiedades que incentivan la revelación verdadera de las preferencias. Para ello, las preguntas de valoración deben ir acompañadas de realismo en la regla de decisión para que el referéndum sea vinculante, es decir, explicar de manera precisa la condición bajo la cual el cambio de política se llevará a cabo; sin embargo, puede suceder que un voto hipotético produzca más respuestas positivas de lo que ocurriría en una votación real y en consecuencia los resultados podrían generar una sobreestimación de la DAP. Por lo tanto, la compatibilidad de incentivos no es sólo una función del formato de respuesta, sino que incluye la regla de decisión y otros elementos del escenario que precede a la pregunta de valoración.

Además, los formatos de tarjeta de pago y de elección dicotómica requieren la selección de los montos de las ofertas. Para el primer caso, un diseño óptimo tiene un pequeño número de ofertas (entre 5 y 8), sus montos deben ser agrupados cerca de las medidas de tendencia central de la DAP y no en la cola de los de distribución (Boyle, 2003).

En términos de estimación de tendencia central, las preguntas abiertas proporcionan las estimaciones menos eficientes, mientras que los formatos de intervalos son más eficientes en este sentido; al no proporcionar incentivos, las preguntas abiertas pueden causar un porcentaje inusualmente elevado de respuestas de valor cero. Sin embargo, al utilizar las preguntas abiertas se evita el sesgo de anclaje y la ineficiencia de saber si los valores de los encuestados se encuentran por encima o por debajo del umbral establecido por las cantidades de dinero a las que se les pidió que respondieran.

En esta línea, se argumenta que las personas tienen dificultades para encontrar una cantidad específica para las políticas con las que no están familiarizados, lo que se pone de manifiesto a través de la distribución que pueden presentar las respuestas a las preguntas abiertas; generalmente, dicha distribución no es suave ya que tiende a tener picos en incrementos puntuales (por ejemplo en los valores múltiplo de 5) y un menor número de respuestas que en los montos dentro de los intervalos. Los expertos consideran que el redondeo al valor más cercano es un testimonio de la dificultad que tienen los encuestados para dar un valor monetario preciso.

Por otra parte, los formatos que muestran ofertas de salida también pueden presentar el mencionado sesgo de complacencia, que resulta de la propensión que tienen algunos de los encuestados a responder que sí a cualquier cantidad que se les presente, de manera que los montos de las ofertas no

actúan como una señal de la calidad del bien. Este efecto reduce la eficiencia de la elección dicotómica de datos.

Se puede intuir que las tarjetas de pago reducen la tendencia a anclar la DAP y a responder afirmativamente a la primer oferta ya que no hay una única en la cual centrarse, sin embargo, algunas investigaciones han demostrado que las cantidades de dinero presentadas en el extremo inferior o superior de la distribución de las ofertas pueden afectar las estimaciones de bienestar; en este caso, algunas personas pueden tener valores por debajo del umbral más bajo de la distribución presentada, por lo que tienden a elegir la menor oferta disponible, y la lógica inversa se aplica para el extremo superior de la distribución. Los resultados empíricos estarían en contra de la recomendación de no poner las ofertas en las colas de la distribución en un formato de dicotómico.

En las tarjetas de pago, los encuestados consideran todas las ofertas k y seleccionan sólo una de estas, por lo que un diseño adecuado de la oferta pueden incluir todas las ofertas que se utilizarían en el diseño de una pregunta dicotómica, e incluir montos bajos y altos. Los formatos que cumplen estas condiciones proporcionan información estadística eficiente al reducir el intervalo en el que residen los valores de los encuestados.

Otro factor a considerar con los formatos que presentan una distribución para la oferta es que las respuestas, y en consecuencia los valores estimados, se pueden ver afectados por si éstas se presentan en orden ascendente o descendente: una distribución de la oferta ascendente, que intuitivamente es una secuencia lógica, puede dar lugar a un valor estimado que sea pequeño (Boyle, 2003).

A manera de conclusión, teniendo en cuenta los problemas relacionados con las preguntas de opción dicotómica, parecería que la literatura recomienda no utilizar un formato en que la respuesta se obtenga en una sola respuesta, mientras que las tarjetas de pago y de juego de oferta, aun cuando no dejan de tener su propia problemática, con un diseño adecuado pueden evitar los problemas asociados a responder la pregunta de valoración.

3.3.1. Detección de valores cero, de protesta y de otros tipos de respuestas estratégicas

Tras preguntar por la DAP es conveniente introducir preguntas para determinar si un encuestado que dice que no pagaría nada por el bien está declarando su valoración real, o si la respuesta es una protesta: en ese caso, si el encuestado cree que no tiene que pagar por ello, o no está de acuerdo con el escenario presentado en la encuesta, puede expresar que no pagará nada por un bien que en realidad valora. La mejor manera de detectar estas preferencias durante la realización de la investigación se da a través de las preguntas de seguimiento, que identifican a aquellas personas que realmente tienen valores de cero para la política.

Con base en la presunción de que los encuestados no informan sus verdaderos valores, al menos se reconocen tres tipos de respuestas de protesta. La primera categoría incluye a las personas que

protestan por algún componente del ejercicio de valoración contingente; estos encuestados pueden responder con “cero”, lo que sesga la estimación de la tendencia central hacia abajo, o pueden optar por no completar la encuesta, dejando el efecto sobre la tendencia central dependiente del tratamiento que el analista dé a los datos. En la segunda categoría se incluye a las personas que no entienden la encuesta y responden a la pregunta de valoración de cualquier manera; el efecto no necesariamente se traduce en un sesgo en las estimaciones de la tendencia central, pero es muy probable que aumente el error estándar de la media (Boyle, 2003).

En la tercer categoría, el encuestado se comporta estratégicamente en un intento de influir en los resultados de la decisión política; si todos los que presentan este comportamiento actúan de una manera similar, el efecto será el de introducir un sesgo en la estimación de la tendencia central. Sin embargo, algunas personas pueden tener incentivos a subestimar los valores, mientras que otros pueden tener incentivos para exagerarlos, dejando indeterminado el efecto en las estimaciones de la tendencia central. En la segunda categoría, la falta de una respuesta verdadera puede ser accidental, mientras que en la primera y tercera el comportamiento es voluntario (*Ibidem*).

Para identificar este tipo de respuestas, se suele incluir en la encuesta preguntas para verificar la comprensión y las motivaciones de los encuestados; las preguntas por lo general se centran en el medio por el cual se suministra el bien, el medio de pago, la regla de decisión, los plazos de pago, y si las personas tienen un valor para el recurso. En estos casos, es necesario introducir una pregunta para identificar a los encuestados cuyo valor es nulo; esta pregunta se plantea antes de la de valoración, y dependiendo de la respuesta se aplica, o no, la pregunta de valoración. Alternativamente, se podría sondear a los encuestados que responden que de manera negativa a la oferta si quieren pagar “nada” por el cambio propuesto. En general, retomando los formatos analizados, el que más problemas tiene para detectar estos comportamientos es la opción dicotómica simple donde los encuestados pueden responder “no” a la oferta, pero no tienen la oportunidad de expresar un valor de cero.

Aunque los expertos reconocen que hay respuestas engañosas en los datos de la valoración contingente, no existe un procedimiento establecido para su exclusión. En algunas investigaciones se han eliminado los valores superiores cuando se considera que no son consistentes con los ingresos del encuestado (Mitchell y Carson, 1989), o se han utilizado rutinas de estadística para identificar las respuestas que tienen una influencia inadecuada en los resultados. Por otra parte, las preguntas para identificar las protestas o falta de comprensión, pueden presentar problemas en su tratamiento ya que:

- las respuestas pueden ser inconsistentes cuando se contrastan,
- aun con la protesta proporcionan una valoración adecuada,
- existe la dificultad de definir un límite al entendimiento,
- se puede excluir a personas con conocimiento adquirido en función de la experiencia diaria, etc.

La sugerencia principal es que las encuestas incluyan preguntas para diferenciar los ceros verdaderos y los de protesta, y que permitan tratar los valores extremos mediante técnicas estadísticas; generalmente

el proceso es su exclusión, aunque los expertos consideran conveniente hacer el análisis con y sin estos datos para determinar su influencia en las estimaciones de bienestar y en las pruebas estadísticas.

3.3.2. Preguntas auxiliares y validación de la encuesta

Este apartado hace referencia a las preguntas que capturan la información socio-económica que se utilizará para explicar las respuestas a la pregunta de valoración y para comprobar la coherencia de las respuestas; contando con esta información y un modelo econométrico adecuado, se puede inferir, dentro de unos márgenes, el valor que una persona de determinadas características daría al bien que se estudia.

Las preguntas concretas a incluir deben estar directamente relacionadas con el tipo de bien que se valora y suelen colocarse al final de la encuesta porque suelen ser fáciles de contestar, de manera que el cansancio de la encuesta no afecta en exceso las respuestas (Riera, 1994). Las variables que se suelen considerar provienen de la definición teórica del bien que se analiza, y la más evidente es el ingreso; cuando éste es difícil de averiguar, las preguntas sobre instrucción, profesión y ocupación suelen utilizarse como sustitutos.

En los formatos dicotómicos y de tarjetas de pago, los datos de estas variables son necesarios para obtener, mediante modelos econométricos, las estimaciones de la medida de bienestar. Para las preguntas abiertas, el valor es por lo general el promedio de la DAP y las covariables no son necesarias para estimarlo.

Boyle (2003) recomienda que durante el diseño de estas preguntas se tome en cuenta la existencia de otras encuestas, como las realizadas por los distintos institutos de estadística, en las que se recopile información similar; la finalidad es que teniendo el mismo enfoque, podría realizarse una comparación de los datos para evaluar si la selección de la muestra fue efectiva, conjuntar información para mejorar el análisis estadístico y llenar los datos faltantes debido a la falta de respuesta.

Finalmente, después de haber diseñado la encuesta, ésta debe probarse a través de entrevistas personales, grupos focales, o pruebas de campo. Mediante este procedimiento, el investigador puede asegurar que las preguntas de la encuesta son comprensibles y que en realidad capturan la información que se desea obtener.

3.4. Métodos de calibración y agregación

Una vez que se ha obtenido la DAP o DAC individual, se suele determinar el total de los beneficios del bien o la política en cuestión, lo que conceptualmente implica recurrir al cálculo de un valor representativo de ésta con el fin de multiplicarla por el tamaño de la población afectada. La media es la medida tradicional usada en el análisis de coste-beneficio, mientras que la mediana es un criterio estándar de la elección pública, sin embargo no hay una regla única para su utilización (Carson, 2000).

El caso más sencillo se presenta cuando la DAP se captura utilizando un formato abierto, ya que el valor representativo suele obtenerse a partir del cálculo de la media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

donde x_i es la DAP del i -ésimo encuestado y n es el número de observaciones.

En algunas investigaciones, como se señaló anteriormente, los datos son examinados para detectar respuestas de protesta y los valores extremos antes de calcular la media; cuando se tiene la presencia de valores extremadamente grandes y/o pequeños de la DAP, los investigadores sugieren utilizar la mediana, estadístico que es menos sensible a las distribuciones sesgadas y a la presencia de los valores atípicos (*outliners*). Como alternativa al tratamiento de estos valores, es posible utilizar la media truncada (*α -trimmed mean*), que es la media aritmética de una muestra a la que, previamente, se le han quitado los valores extremos en el porcentaje (α -%) que se especifique.

Si las respuestas del formato abierto se analizan en función de las características socio-económicas del encuestado, entonces se requiere de un modelo teórico para explicar la DAP; este análisis econométrico, que suele utilizar especificaciones que incluyen variables de forma lógica e intuitiva, proporciona una prueba de la validez interna a las respuestas obtenidas y es útil si se desea realizar la transferencia de las estimaciones de la DAP a otra población (Freeman, 2003; Osorio y Correa, 2009).

En general, teniendo en consideración lo mencionado sobre las variables que afectan las medidas de bienestar individual en los capítulos precedentes, la DAP se puede escribir en función de la renta Y , precios, otros bienes, las variables explicativas, y los niveles inicial y final del bien que se estudia:

$$DAP = f(Y, P, Q, T, q_0, q_1) = X_i' \beta \quad (3.2)$$

En la expresión anterior, β es el vector de coeficientes que predice el valor de la DAP en función de las características del encuestado, ya que las actitudes, al menos de una manera modesta, predicen los comportamientos; además, su determinación permite realizar pruebas de consistencia interna a las respuestas obtenidas (Mitchell y Carson, 2002). Si se toma en cuenta que generalmente en el formato abierto no se permiten los valores negativos y no existen los picos (*spike*) en cero, la expresión anterior se calcula utilizando un modelo de regresión, como el Tobit (Boyle, 2003). Este modelo es censurado o truncado, ya que el rango de la variable dependiente se restringe de alguna forma.

Cuando el análisis de los datos se realiza a partir de un formato cerrado, lo que se modela es el intervalo en el que reside el valor; este rango está delimitado por el monto de la oferta que el encuestado indicó (DAP_i^L) y la cantidad inmediata superior de la tarjeta (DAP_i^U), y en el reside el verdadero valor de la DAP. En este caso se asume que los verdaderos valores se pueden expresar en función de los argumentos de la ecuación:

$$\log z_i = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad (3.3)$$

donde ε_i es un término de error que representa a las variables que afectan la disposición a pagar pero que no son observadas. Si $\{\varepsilon_i\}$ es independiente e idénticamente distribuido con media cero y desviación estándar (σ), el vector β de coeficientes puede ser estimado usando el modelo probit (Cameron y James 1987)⁶. Las variables explicativas X_i son aquellas que teóricamente influirán en la función de utilidad y afectarán la magnitud de la DAP de los encuestados. Por lo tanto, ya que z_i no es observada realmente y que no se conocen todas las variables de las que depende, la probabilidad de que z_i se encuentre en el intervalo elegido por el individuo i es:

$$\Pr(z_i \subseteq (DAP_i^L, DAP_i^U)) = \Phi\left(\frac{z_i}{\sigma} - \frac{X_i' \beta}{\sigma}\right) \quad (3.4)$$

donde Φ es la función de distribución normal. Cuando el supuesto es que la función de distribución asume la forma logística, las estimaciones se pueden realizar usando el modelo logit (Osorio y Correa, 2009).

Una forma de realizar estimaciones más eficientes de β con el formato de elección dicotómica consiste en utilizar preguntas de seguimiento. Supóngase que inicialmente se pregunta al encuestado sobre su disposición a pagar x_1 , y que la respuesta es afirmativa; a la misma persona se le pregunta posteriormente si pagaría una cantidad mayor, x_2 . Si la respuesta es “no”, la DAP del encuestado se encuentra entre x_1 y x_2 , pero si la respuesta es afirmativa, la DAP se localiza en el intervalo (x_2, ∞) .

Indicando los límites inferior (Lower) y superior (Upper) del intervalo i de la DAP como DAP_i^L y DAP_i^U , la función logarítmica de la muestra dada será:

$$\log L = \sum_{i=1}^n \log \left[\Phi\left(\frac{DAP_i^U}{\sigma} - \frac{X_i \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{DAP_i^L}{\sigma} - \frac{X_i \beta}{\sigma}\right) \right] \quad (3.5)$$

Las estimaciones de los parámetros σ y β se obtienen por el método de máxima verosimilitud, y utilizando los coeficientes ($\hat{\beta}$), se puede calcular la DAP. Este proceso suele realizarse con programas estadísticos; para seleccionar el modelo y las variables explicativas que mejor estiman la probabilidad de respuesta afirmativa a la pregunta de la DAP, los expertos recomiendan verificar el ajuste y significancia de los modelos a partir de las pruebas de significancia individual (contrastados de pruebas t), el estadístico razón de verosimilitud como prueba global del modelo, el criterio de Akaike (AIC), el logaritmo de la función de verosimilitud, el porcentaje de predicciones correctas y R^2 de McFadden.

⁶ En World Bank Institute, 2002.

Según Osorio y Correa (2009),

“en la valoración contingente tipo referéndum se pretende estimar la probabilidad de respuesta positiva de la variable dependiente que corresponde a la pregunta de disponibilidad a aceptar o de disponibilidad a pagar del escenario de valoración. Para realizar dicha estimación, el análisis de regresión debe hacerse suponiendo una función de distribución de probabilidad acumulada y su correspondiente modelo de regresión de probabilidad”.

“...se puede asumir que la verdadera DAP o DAA sigue una distribución de probabilidad normal o logística, y dependiendo de la distribución asumida, el modelo de regresión tiene su denominación. De esta manera, si se decide emplear el supuesto de distribución logística, el modelo se denomina logit, y si se supone la distribución normal, el modelo se denomina probit. Según Green (1998), ambas distribuciones son simétricas y tienden a dar probabilidades similares, siempre y cuando la muestra no contenga pocas respuestas afirmativas (o pocas negativas) o que se presente gran variación en una variable independiente”.

Los mismos autores consideran que no hay evidencia teórica que permita seleccionar cuál de los dos modelos debe ser aplicado, por lo que el modelo logit, es el habitualmente utilizado en los estudios de valoración contingente. Si durante la investigación se considera que no es conveniente hacer suposiciones acerca de la distribución $\{\varepsilon_i\}$, además del enfoque paramétrico descrito anteriormente algunos investigadores han considerado los enfoques semi-paramétricos y no paramétricos para el cálculo de β (Boyle, 2003).

3.4.1. Agregación

En la aplicación del método, cada persona que concluye la encuesta aporta un valor, de manera que para obtener el valor correspondiente al conjunto de la población generalmente se multiplica el valor de la DAP individual, calculado por alguno de los medios descritos con anterioridad, por el número de personas que componen la población relevante.

Cuando la distribución de frecuencias es normal o simétrica, la media y la mediana son muy similares, y por tanto son estimadores no sesgados de la verdadera media o mediana de la población, pero si la distribución es asimétrica, sus valores pueden diferir significativamente. Según Riera (1994), el uso de la mediana generalmente reporta una estimación más conservadora, pues es común encontrar mayor número de respuestas bajas y más dispersión en los valores altos; este mismo autor menciona que una parte importante de los investigadores que trabajan con este método de valoración optan por utilizar la media como medida de agregación, pues es un estimador de lo que la persona tipo estaría dispuesta a pagar por obtener una mayor cantidad o calidad de un bien, y sugiere emplear la mediana en otros contextos, por ejemplo al plantear el ejercicio en términos de si la mayoría de la población estaría dispuesta a pagar una determinada cantidad de dinero por una mayor cantidad o calidad del bien.

Cuando el formato de la pregunta de valoración es dicotómico, de tarjetas de pago o juego de ofertas, la estimación del valor debe corresponder al votante medio, por lo que se recurre a los modelos de regresión que se ajusten a los datos obtenidos en la muestra para estimar ese valor monetario al que teóricamente la mitad de la población respondería sí y la mitad restante no. Este valor del votante medio sería el relevante para la agregación y puede calcularse también como media o mediana.

3.5. Aplicaciones del método de valoración contingente al ámbito de la arquitectura y el urbanismo

Desde el primer trabajo empírico en el año de 1963, cuando Robert K. Davis empleó el método en su tesis doctoral, se pueden encontrar un gran número de investigaciones en diversas áreas del conocimiento que utilizan la valoración contingente para analizar políticas y bienes diversos. Los avances en los puntos críticos de su aplicación, así como la evolución de la economía ambiental han permitido que su uso se extienda y que sus resultados sean confiables.

Para esta investigación las aplicaciones que resultan más relevantes, además de la valoración económico-social del ruido, son aquellas que están relacionadas con el ámbito de la arquitectura y el urbanismo; aun focalizando el interés en estos dos temas tratar de incluir la totalidad de investigaciones existentes sobrepasa el objetivo de la tesis, por lo que sólo se hace referencia a algunos ejemplos. A continuación se presentan algunas de las investigaciones realizadas en Europa, América y Asia en que se ha aplicado el método en estas áreas.

Construcción del segundo cinturón de ronda en la ciudad de Barcelona (Riera, 1994)

En esta aplicación se hace referencia a la construcción del segundo cinturón de ronda de Barcelona en Nou Barris, estudio que fue encargado por el holding olímpico responsable de coordinar las actuaciones de preparación de las infraestructuras para los Juegos Olímpicos de 1992. El estudio valoraba la transformación del proyecto original que databa de 1968, pues con su adecuación se mitigaban los impactos negativos de la infraestructura; el objetivo principal de la investigación era averiguar si la disposición de los vecinos a pagar por el diseño de cinturón de ronda propuesto en 1988 superaba el coste de construirlo de acuerdo con el nuevo diseño.

El escenario se planteó con ayuda de un texto introductorio y con las ocho primeras preguntas de la encuesta. Con el fin de familiarizar a los encuestados con el bien, se recurrió al uso de material gráfico y se pidió una doble valoración: monetaria y por puntos (escala del cero al diez). La pregunta de valoración se planteó en función de la DAP por ser la opción que proporcionaría el límite inferior de la valoración de los vecinos, pero se incorporó una pregunta por la vía de la DAC para aquellas personas que no respondían u ofrecían una respuesta de protesta. El formato de pregunta adoptado fue el juego de ofertas con un máximo de tres iteraciones y con dos ofertas de salida, la primera por encima del precio que igualaría costes y beneficios pero sin ser exageradamente más elevada, mientras que la segunda

oferta se fijó en una cantidad sensiblemente superior para contrastar el efecto de anclaje. En la parte final de la encuesta se incluyeron preguntas sobre el género y edad de la persona, tiempo de residencia en Cataluña y el barrio, si se contemplaba un cambio de residencia, sobre el número de integrantes del hogar, el estado civil, la situación laboral y el nivel educativo.

En el momento de realizar el estudio la población mayor de edad, delimitada por criterios geográficos, era de alrededor de 83 mil personas; la muestra seleccionada fue de 400 observaciones útiles y las encuestas se aplicaron en los meses junio y julio de 1990 con un procedimiento de itinerarios aleatorios. Para el cálculo de beneficios se contabilizaron 241 respuestas con precio positivo a las preguntas de valoración y no se consideraron las respuestas que no otorgaban un precio a la situación planteada. Los beneficios se obtuvieron multiplicando la población por la media de los valores dados por las personas entrevistadas. Finalmente, tras comparar los beneficios con los costes, se obtuvo que los primeros superaron a los costes en una proporción de 1.23, por lo que el proyecto fue valorado de manera positiva en general. Sobre de las variables independientes, el autor menciona que ninguna de ellas mostraba poder explicativo, probablemente por la homogeneidad en las características del área de estudio.

Calidad ambiental afectada por la cercanía de infraestructuras urbanas (Hite, 2009)

Esta investigación realizada en EE.UU. es un caso especial, ya que compara y combina los datos obtenidos a través de una encuesta (valoración contingente) con la información estadística sobre vivienda (precios hedónicos) para valorar el efecto que tiene la presencia de rellenos sanitarios en la cercanía de las áreas urbanas, pero también para examinar la convergencia de los valores de la DAP obtenida por distintos métodos. En este caso, el estudio contingente proporciona información sobre los niveles de conocimiento de los encuestados acerca de las características ambientales negativas en el momento de la compra de la vivienda (nivel de conocimiento del bien); el vehículo de pago utilizado fue el pago adicional en las hipotecas, ofrecido con una pregunta de formato abierto.

El análisis se basó en 510 respuestas individuales obtenidas de una encuesta enviada por correo en 1994 a personas que habían comprado vivienda en 1990 cerca de los vertederos del Condado de Franklin, en Ohio, EE.UU. Los sitios de estudio se delimitaron por áreas circulares de 3,25 millas que circundaban cuatro diferentes rellenos sanitarios, dos que habían sido cerrados y dos más que tenían una esperanza de vida de 2 y 20 años; para mitigar las respuestas estratégicas, los posibles participantes no fueron informados de que eran parte de una población objetivo, es decir, propietarios que vivían en el área delimitada.

A los encuestados se les pidió clasificar, en orden de importancia, las características relevantes a la hora de elegir vivienda. Como se mencionó previamente, el formato de pregunta era abierto y el escenario planteado consistía en aumentar la distancia de la vivienda en relación a los rellenos sanitarios; adicionalmente se recordaba a los encuestados que la DAP ofrecida afectaría los ingresos recurrentes. El vector de variables explicativas incluía principalmente datos sobre las características de la vivienda, de sus condiciones ambientales en función de su posición relativa a diversas infraestructuras, así como

de las condiciones socio-demográficas de los barrios; las condiciones de operación de cada relleno, así como la forma en que cada encuestado reaccionaba ante ellos, se controlaban a través de variables dummy.

Para el cálculo de la DAP se recurrió a un modelo probit, encontrando una disposición positiva, aunque la autora considera que los valores obtenidos pueden ser bajos (prueba de contraste), argumentando un rechazo al escenario y medio de pago presentados. De manera general, los resultados del estudio tienden a apoyar la idea de que las personas que están más preocupadas por las cuestiones ambientales, y que tienen un mayor conocimiento del bien, serán más propensos a mostrar mayor disposición a pagar por las mejoras ambientales.

La publicación del trabajo proporciona evidencias del depurado modelado econométrico hecho por la autora para llegar a las estimaciones, las cuales parecen no responder a las expectativas por algunas posibles deficiencias en el diseño del ejercicio; el formato abierto de la pregunta de licitación y un escenario de valoración en donde sólo se menciona la distancia entre la vivienda y el vertedero parecen ser información insuficiente para expresar la verdadera disposición a pagar.

Arquitectura de la vivienda (Chan et al., 2009)

El objetivo de esta investigación, realizada en Hong Kong en el 2004, fue valorar algunos de los parámetros constructivos que contribuyen en la mejora de las condiciones de sanidad de las viviendas. Según los autores, al estar basado en la opinión de las personas, el estudio establece una relación entre aquellos parámetros considerados como una mejora y los precios que los hacen accesibles, lo que puede resultar de interés para mejorar las prácticas constructivas. Los ocho parámetros que se analizaban fueron la orientación, vistas, posicionamiento a partir del nivel de calle, área de la vivienda, altura interior, existencia de balcón, provisión de ventilación cruzada y existencia de fachadas expuestas a calles altamente transitadas.

El escenario planteado es el de una vivienda hipotética en la que se van modificando cada una de las características elegidas, manteniendo las demás constantes, esto con el fin de obtener la disposición a pagar por cada una de ellas. Salvo en el caso de la variación en la dimensión total del piso, se pidió que los cambios se valorasen en un porcentaje del costo de salida ofrecido para la vivienda tipo. El escenario se presentó con apoyo visual de diagramas para algunos de los atributos y la encuesta se estructuró en dos partes:

- 1º. Variables socioeconómicas: sexo, edad e ingresos.
- 2º. Presentación y valoración de cada atributo

En esta investigación se observó que el diseño de la encuesta no incluye una descripción del bien. El formato de pregunta, que corresponde más a la aplicación del método de análisis conjunto pues se pedía valorar el cambio en la cantidad del atributo analizado, fue una combinación de oferta de salida con

preguntas abiertas. El vehículo de pago se expresaba en un incremento porcentual del valor original de una vivienda hipotética.

La muestra se seleccionó de la población de clase media que ocupaba viviendas privadas. La hipótesis era que estas personas eran más sensibles a los parámetros de construcción analizados, y que los ocupantes de vivienda pública no tenían como preocupación el valor de la propiedad pues sus necesidades de vivienda eran cubiertas por el gobierno. Además, al incluir únicamente a la clase media, los autores intentaron evitar sesgos derivados de la polarización socio-económica. El medio de aplicación seleccionado fue la encuesta por correo; se enviaron 13.000 encuestas de las que se obtuvieron 259 válidas (tasa de respuesta del 2%). Los resultados muestran que, para un nivel de significancia del 5%, la mayoría de los residentes mostraron una DAP por mejorar los parámetros de sus viviendas, pero no todos los atributos se valoraban de la misma manera. El análisis de la relación entre variables se realizó con la prueba ANOVA, siendo los ingresos la variable más influyente; además se concluyó que aquellos que tienen menores ingresos se ubican en localizaciones más desfavorecidas.

Metodológicamente, el estudio sólo analiza algunas de las variables que afectan las condiciones de habitabilidad de la vivienda, la muestra no es representativa del total de la población (sólo la clase media) y el diseño de la encuesta, principalmente el escenario de valoración, puede inducir algunos sesgos.

Arquitectura de la vivienda (Hui, 1999)

Esta investigación plantea la comparación de los costes y beneficios económicos asociados a la mejora de la vivienda pública en Hong Kong; el problema se aborda mediante el análisis de la satisfacción con las normas vigentes y la disposición a pagar por una mejor vivienda. El autor consideraba que por las limitaciones en la cantidad ofrecida de los atributos, existía evidencia de subconsumo en el mercado de la vivienda pública, en otras palabras, las personas estaban obligadas a consumir menos cantidad de los bienes, o de las características deseables de la vivienda, de lo que elegirían sin restricciones normativas.

Las hipótesis principales del estudio eran que las decisiones de la familia estaban determinadas por el deseo de „consumir“ mejores servicios en la vivienda y pagar por ella; se consideraba que las mejoras en las viviendas tenían la posibilidad de realizarse; en la situación hipotética de una mejor vivienda, cada familia estaba libre de la restricción de la oferta existente y podía exigir una cantidad extra de atributos para maximizar su utilidad; el hogar estaba representado por la persona que respondía la encuesta y que los residente de viviendas públicas tenían mayores expectativas sobre éstas.

La función de demanda relacionaba la disposición a pagar con:

- Atributos de la vivienda, expresados en términos del tamaño, condición, ubicación (accesibilidad), vecinos (características sociales y físicas, y las condiciones del medio ambiente del barrio) y servicios (gestión de la vivienda y los servicios).

- Ingreso de los hogares; para tener una aproximación se consideró que el ingreso disponible para gastos de vivienda era la suma del ingreso del jefe de familia y de las contribuciones de otros miembros del hogar; adicionalmente se preguntó por el número de perceptores de ingresos y la proporción de los ingresos que proporcionaba el jefe de familia.
- Características sociodemográficas del hogar, pues condicionan el consumo de ciertas tipologías de vivienda. El autor sugiere que el tamaño de la familia, la posición en el ciclo de vida, la raza y la ocupación podrían diferenciar las preferencias de consumo.

Se eligió una muestra aleatoria a partir de dos ubicaciones de viviendas de reasentamiento y bajo coste; la población fue informada previamente sobre la realización del estudio y la aplicación de las encuestas en los domicilios elegidos se realizó durante el primer semestre del año 1995. De 340 encuestas se obtuvieron 266 respuestas válidas (una tasa de respuesta cercana al 80%). El escenario planteado fue el pago por el incremento de 20% y 40% en la superficie de la vivienda. Para determinar las variables que afectan la disposición de los inquilinos a pagar por una mejor vivienda se recurrió a la regresión por pasos y al análisis logit condicional, utilizando el método de máxima verosimilitud.

Los principales resultados fueron que la media para el “sí” en la primer mejora fue de 80.95% y 70,85 % para la segunda; a partir de estas tasas de respuesta global, era claro que los encuestados querían más espacio de vivienda, en particular, para el primer nivel. También se encontró una variación considerable entre las dos ubicaciones elegidas, lo que podría reflejar el efecto de la restricción presupuestal y de la utilidad marginal decreciente en los hogares. En términos cuantitativos, la voluntad media de pago por 20 % más de espacio fue de HK \$ 21.4/m², mientras que por el lado de la oferta el costo marginal de proporcionarlo se estimó en alrededor de HK \$ 20/m² por mes, lo que parece indicar que los beneficios económicos de la mejora, al menos en el primer nivel, eran superiores a los costos por lo que valdría la pena ofrecer mayores estándares en la vivienda.

La publicación de este trabajo tiene la finalidad de analizar las mejoras en las condiciones de la vivienda pública, y no describir detalladamente la aplicación del método de valoración contingente, por lo que omite información sobre algunos aspectos metodológicos. Sin embargo, el diseño del ejercicio de valoración parece haber cumplido con los objetivos planteados, ya que permitió definir los beneficios y los resultados son consistentes con el marco teórico establecido.

Reordenación del uso y actividades comerciales (Saz et al., 2001)

Esta investigación, con un marcado carácter teórico, tiene el objetivo de mostrar cómo influye en la valoración de un bien el grado de familiaridad expresada por las personas. El caso analizado hace referencia a una serie de mejoras ambientales en la fachada litoral de Castellón como consecuencia de la reordenación del uso y actividades de su puerto comercial.

La población objetivo del estudio fueron las personas mayores de 18 años (206.115 habitantes). Siguiendo rutas aleatorias, se realizaron 800 entrevistas personales en los domicilios de los

entrevistados durante los meses de mayo y junio de 1999; las primeras 100, en la fase de pilotaje y con una pregunta abierta, se utilizaron para construir el vector de precios de partida para la fase definitiva de la realización de las entrevistas. La muestra restante (700) fue dividida en dos partes: los que declararon tener un cierto grado de conocimiento previo y aquellos que carecían de conocimiento del bien objeto de valoración.

El escenario presentado fue la realización y ejecución de un proyecto, conocido como “*Moll de Costa*”, que integraba los espacios recuperados del puerto comercial de Castellón; al momento de realizar la investigación, las autoridades portuarias habían iniciado la cesión de espacios para el uso de los ciudadanos, situación que daba veracidad a la propuesta presentada. En la encuesta final se incluyó información sobre:

- Descripción del bien en su estado original y las acciones de mejora incluidas en el plan. El escenario contó con apoyo de ocho imágenes de ordenador que simulaban las actuaciones previstas.
- Preguntas sobre el conocimiento que el encuestado tenía sobre el proyecto.
- Pregunta de valoración. Debido al modelo de análisis incluido en el diseño, se preguntaba de inicio si se estaba dispuesto, o no, a contribuir económicamente con el bien. Para identificar las protestas en las respuestas negativas se preguntaba la razón.
- Variables sociodemográficas: Ingresos, edad.

El formato de pregunta elegido fue el dicotómico simple con seis puntos de partida, y el vehículo de pago fue la contribución voluntaria durante tres años a un fondo especial destinado a la realización de las actuaciones propuestas. Las preguntas de valoración fueron redactadas de la manera siguiente:

Como usted sabe cada vez es más común que la Administración analice la opinión de los ciudadanos que se ven afectados por las obras públicas. Por ello, y aun cuando todo el proyecto anterior va a ser financiado con fondos públicos y privados, y sólo para conocer cuál es el valor que le otorga usted al mismo, imagine que este proyecto tuviera que ser pagado por los ciudadanos mediante la contribución económica a un Fondo Especial que se encargaría de llevar a cabo todas las obras previstas durante el período de realización de las mismas: años 1999 a 2001.

P14. Pues bien, teniendo en cuenta sus ingresos personales y el hecho de que existen otras actuaciones públicas por las que se le podría pedir dinero, ¿Estaría usted dispuesto/a a contribuir económicamente durante el período de duración de las obras?

SI → P15

NO → P16

No sabe/ No contesta → P17

P15. Dado que usted estaría dispuesto a contribuir económicamente, ¿Pagaría "X" pesetas al año? (Entrevistador: recuerde al entrevistado que las obras duran 3 años, desde 1999 al 2001).

SI

NO → P16

No sabe/ No contesta → P17

P16. ¿Por qué razón no pagaría usted nada?

P17 ¿Por qué razón no desea usted responder a esta pregunta?

Con este formato, el porcentaje de protesta fue del 29%, que según la literatura está dentro de los límites aceptables. Para el cálculo de la media de la DAP se utilizó el modelo "spike" (pico), el cual se contempló desde las fases iniciales del diseño del estudio; este modelo permite trabajar con distribuciones asimétricas e incluir un importante número de respuestas cero. Para la validación teórica se utilizó el modelo probit, encontrando que los parámetros eran adecuados y teóricamente correctos.

Los resultados indicaron que la probabilidad de aceptar el pago propuesto estaba influenciada positivamente por los ingresos, la valoración global del proyecto y las expectativas de uso futuro, y negativamente por el precio de partida y la edad. Se encontró que la media de la DAP era 67% mayor cuando se tenía conocimiento previo del proyecto (9.412 pesetas contra 5.817 pesetas), porcentaje que se incrementó al 74% cuando se excluyeron las respuestas de protesta. En función de la media de la DAP seleccionada, los beneficios sociales pasaban de 3.400 millones a 7.900 millones de pesetas (año 1999); empleando un valor conservador, es decir excluyendo los ceros de protesta y sin tener conocimiento previo del proyecto, los beneficios sociales fueron de 4.500 millones de pesetas, mientras que el coste de la inversión era de 2.000 millones. Se encontró que cerca del 50% declaró no tener conocimiento previo del bien que se analizaba, y se comprobó la hipótesis de que el grado de conocimiento influye de manera importante en la DAP, lo que puede tener un impacto considerable en la estimación de los beneficios sociales de un proyecto.

En este caso se observa un cuidadoso diseño del ejercicio de valoración, incluyendo la precisa definición del cambio propuesto y de los medios para conseguirlo. Se hace mención de la restricción presupuestal y de la información previa que se tiene del bien que se valora, mientras que el formato de pregunta facilita que el participante emita su verdadera disposición a pagar; finalmente el modelo econométrico es consistente con el formato de licitación y proporciona evidencia para estimar los beneficios.

Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos (Frutos y Esteban, 2009)

El objetivo de la investigación era estimar el valor de los beneficios aportados por el sistema recreativo de parques y jardines urbanos de Soria, de manera que se justificara la existencia, conservación y ampliación de estas superficies.

Siguiendo las recomendaciones de Riera (1994), los autores definen el objeto de valoración como “*todos los parques y jardines de la ciudad de Soria*”; para la población relevante, los autores consideraron dos opciones: la primera fue el total de habitantes de la ciudad, que para el año 2003 era de 34.640 personas; la segunda, más conservadora, fue utilizar como variable aproximada los 12.648 hogares de Soria. A partir de la primera opción se seleccionó una muestra estratificada de 696 observaciones entre los mayores de 18 años.

El escenario de valoración planteado fue que como resultado de una crisis económica no se destinarían recursos para el mantenimiento de zonas verdes, por lo que se preguntaba por la disposición a contribuir monetariamente con esta tarea; en esta parte se le recordaba al encuestado que ya realizaba diversos pagos adicionales. El formato elegido para la pregunta de valoración fue definido por los autores como mixto con una triple variante, que consistía de una pregunta inicial con la que se intentaba averiguar si el entrevistado era usuario activo del sistema recreativo (participaba, o no, en el mercado), seguida por el formato dicotómico simple con cuatro precios de salida, la que se complementaba con una pregunta abierta en la que se preguntaba la máxima DAP en función de si aceptaba o no el valor presentado previamente.

Para el cálculo de la DAP, los autores procedieron metodológicamente por vías distintas: la primera consistió en obtener directamente la media y la mediana de los valores observados y la segunda en calcularla mediante estimaciones paramétricas y no paramétricas. Para la modelización paramétrica se seleccionó la aproximación más utilizada, “*como es el uso de distribuciones logísticas binarias y probabilísticas binarias, modelos conocidos respectivamente como Logit y Probit*”. El modelo logit utilizado fue:

$$ACEPTA = \alpha + \beta * PSALIDA$$

Donde α es el término constante y β el coeficiente estimado por el procedimiento de máxima verosimilitud para la variable precio de salida. Con los coeficientes estimados, la disposición a pagar se obtuvo mediante:

$$E(DAP) = -\alpha/\beta$$

Los autores mencionan que los resultados del modelo del probit, al compararlos con los obtenidos con el modelo logit son prácticamente idénticos. En la estimación no paramétrica, se utilizó para el cálculo de la función empírica de supervivencia las probabilidades transformadas por el procedimiento iterativo probit basado en máxima verosimilitud, y la interpolación lineal.

En función de cada uno de los modelos (observado y estimado paramétrico y no paramétrico), los supuestos poblacionales considerados y las medidas de centralidad elegidas (media y mediana), los resultados arrojaron que cada habitante de la ciudad de Soria estaría dispuesto a pagar algo más de 47 euros al año por conservar sus parques y jardines en la situación inicial, lo que suponía casi dos euros

por metro cuadrado de zona verde, por lo que se estarían generando casi 800.000 euros todos los años. Además, el 72,3% de los encuestados mostró una DAP positiva, porcentaje de respuesta que está dentro de los parámetros esperados. Sin embargo, los valores medios que se obtuvieron presentaban importantes desviaciones en función de la forma en la que se estimen, de manera que los valores obtenidos con modelos de estimación fueron superiores a los observados; por este motivo, los autores recomiendan cautela a la hora de seleccionarlos.

La publicación de la investigación muestra que el diseño del ejercicio en general fue correcto, pues incluye todos los puntos considerados relevantes; por otra parte, a pesar de que los resultados obtenidos mediante diversos modelos de estimación presentan fuertes desviaciones, los investigadores consideran que tienen suficiente significancia para justificar la política que se analiza y destacan la importancia de utilizar esta técnica en la valoración de bienes públicos.

Accesibilidad y adaptabilidad de las viviendas (Alonso, 2002)

Partiendo de los conceptos de accesibilidad y adaptabilidad, esta investigación utiliza el método de valoración contingente para obtener una estimación directa de los beneficios percibidos, por todo tipo de familia, como consecuencia de la eliminación de barreras en sus viviendas. Inicialmente el autor menciona que la mejora de la accesibilidad es una cuestión general de un buen diseño, y que diversos factores hacen que sea muy difícil estimar una cantidad única por el aumento en el coste promedio de este tipo de construcción.

Con el fin de mostrar las diferencias entre una vivienda convencional y una sin barreras, en la encuesta se incluyó un conjunto de fotografías mostrando diferentes tipos de residentes molestos por las barreras que existían en sus edificios, y para representar a las personas con diferentes tipos de movilidad se decidió clasificarlas en tres grupos:

- Personas con discapacidad: con sillas de ruedas, muletas o de una edad avanzada (5 fotografías);
- Personas con movilidad reducida temporal: con cochecitos de bebé, niños pequeños, con una pierna escayolada y con un bastón (5 fotografías);
- Personas sin problemas de movilidad que enfrentan inconvenientes en sus actividades diarias por diferentes barreras arquitectónicas: escaleras y ascensores estrechos, ventanas inaccesibles, incómodas áreas de secado de ropa, interruptores mal colocado, puertas pesadas y pasillos estrechos (11 fotografías).

En contraste con los anteriores, un cuarto grupo mostró 10 fotografías de las viviendas en que esas situaciones se habían evitado gracias al diseño y la planificación. Por último, un quinto grupo mostró dos dibujos de una distribución de la casa antes y después de la adaptación de un baño, que había sido transformado de manera fácil y barata porque la casa había sido construida con normas adaptables.

En la pregunta de valoración, el encuestado debía tomar una decisión de compra entre dos viviendas que eran similares en todas sus características (ubicación, altura, superficie, calidad), pero que diferían en el grado de accesibilidad y en sus precios (incremento porcentual). El autor justifica el uso de una opción de compra, y no un aumento de alquiler, por el alto nivel de propiedad de vivienda en España (cercano al 80 % en ese momento).

El formato de pregunta elegido fue el dicotómico con seis ofertas de salida que iban del 5 a 20% de incremento, vector que fue diseñado después de las pruebas realizadas en grupos focales y de pilotaje. Cada precio estaba incluido en el mismo número de cuestionarios y asignados al azar a cada participante. Los encuestados, una vez informados de la diferencia de precio, tenían que optar por comprar una de las dos viviendas, o negarse a comprar cualquiera de ellas. Con el fin de obtener una estimación más precisa de la DAP, el autor utilizó una segunda pregunta de valoración como se propone en el formato de “doble referéndum” o “doble frontera”: si el encuestado había respondido positivamente a la primera pregunta, es decir, había decidido comprar la vivienda accesible a pesar de ser más cara, entonces se le preguntaba si todavía la compraría si el precio se incrementará una cierta cantidad; por otro lado, si había una respuesta negativa la primer pregunta, la segunda se hacía a un precio inferior. Finalmente, para diferenciar entre los conceptos de accesibilidad y adaptabilidad, se introdujo una tercera pregunta de tipo abierto.

El diseño de la encuesta, que fue aplicada en las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona en junio de 1997, duró cinco meses. En ella se incluyeron, principalmente, preguntas sobre los posibles miembros de la familia con movilidad reducida (discapacitados, ancianos, personas heridas, mujeres embarazadas o niños pequeños), las barreras existentes y los problemas que causaban, las ayudas técnicas utilizadas y adaptaciones realizadas o que se deseaban en el hogar, así como información económica y socio-demográfica. La encuesta se aplicó en 1.104 hogares; de estos, 1.007 fueron seleccionados al azar y los restantes 97 fueron elegidos por haber ocupantes discapacitados. Sólo el jefe o cónyuge de cada familia respondieron a la encuesta.

Del total de encuestados, sólo el 6,2% se negó a responder a las preguntas de valoración; el 61,9% de las respuestas válidas fueron afirmativas a la primera pregunta de valoración, mientras que para el aumento/disminución de precios de la segunda pregunta (doble referéndum), los resultaron no presentaron variación significativa, ya que el 75,8% de los encuestados mantuvieron la respuesta original.

Para la estimación de la DAP se recurrió a los modelos logit y probit; con el primero de ellos, el signo de los coeficientes de la variable precio son negativos, lo que demuestran que la probabilidad de aceptar el pago extra disminuye a medida que los precios se elevan, lo que intuitivamente es correcto. Al utilizar el modelo probit, los resultados obtenidos fueron muy similares.

Como resultado final se tiene que al comparan dos viviendas con diferentes condiciones de accesibilidad, los encuestados pagarían un promedio de 12,5% más por no tener obstáculos; por otra

parte, según el autor, ninguna de las diferencias introducidas representa un incremento en costes mayor al 5%. También es importante la demostración de que bajo ciertas condiciones de información, los hogares, en el caso de la adquisición de vivienda, están de acuerdo en pagar más por aquellas que cuentan con más prestaciones, decisión que puede resultar muy rentable para el mercado de vivienda, tanto pública como privada.

En sus conclusiones, el autor menciona que al analizar atributos de calidad en la vivienda, las instituciones públicas pueden contribuir a mejorar la asignación de mercado a través de la provisión de una información más completa a los compradores potenciales. Esto daría lugar a un aumento de la demanda efectiva de vivienda con mejores características, como la accesibilidad (o el aislamiento acústico), y el correspondiente incremento en la oferta de éstas.

Mejoras en el alumbrado público (Willis et al., 2005; Powe et al., 2006)

El objetivo de la investigación era valorar los beneficios sociales obtenidos de la mejora del alumbrado público en Gran Bretaña. Los autores mencionan que sus estimaciones fueron utilizadas por el Departamento de Transporte (*Department for Transport, DfT*) para llevar a cabo un análisis coste-beneficio de la sustitución del alumbrado público. Los objetivos específicos del estudio fueron derivar el valor de la mejora del alumbrado público a partir de la disposición a pagar del total de hogares, explorar las variación en las preferencias entre los habitantes de las zonas rurales y las grandes zonas urbanas, y explorar la contribución relativa de los factores que afectan la DAP de los hogares, tales como la percepción de la mejora de la seguridad en términos de reducción de la criminalidad y la siniestralidad, mejoras en el equipamiento y en las calles (una sensación de calidez y seguridad), así como el aumento de las comodidades atribuibles a menos contaminación lumínica.

En esta aplicación se les pidió a los encuestados que eligieran entre la oferta existente de alumbrado público, sin aumento de impuestos, y la alternativa de mejora con un aumento en los impuestos municipales. La encuesta, que fue probada previamente en grupos de enfoque en los que cada participante recibió un incentivo de £ 25, iniciaba con una serie de preguntas sobre el alumbrado público y las actitudes hacia éste. Tras una pregunta sobre los niveles actuales de los impuestos locales, fueron introducidos el esquema de mejora en el alumbrado público y los medios de pago; el escenario de la iluminación de la calle se explicaba con un texto leído por el entrevistador, que se ayudaba con la presentación de fotografías del “antes y el después”. Finalmente, tras la pregunta de valoración, se obtenía información demográfica y socioeconómica.

El formato de pregunta elegido fue el dicotómico con siete ofertas de salida (1-25 £), en donde el encuestado seleccionaba entre la mejora al precio presentado, no pagar la cantidad indicada, no estar dispuesto a pagar por el programa, y “no lo sé”. El vehículo de pago fue el pago de impuestos anuales, por un período de 25 años. A los encuestados también se les dio la opción de indicar que no estaban dispuestos a pagar nada por el bien; esta opción se incluyó para mejorar la información sobre la DAP y reducir los problemas de sesgo en las respuestas. El enfoque dicotómico se complementó con una

segunda pregunta para presentar el enfoque de “doble frontera” propuesto por Hanemann *et al.* (1991)⁷. Las respuestas se modelaron mediante una función de distribución acumulativa para la variable aleatoria DAP.

Para su aplicación, se seleccionó una muestra aleatoria estratificada en las principales ciudades, pueblos y aldeas rurales de tres condados: Bedfordshire, Yorkshire del Norte y Wiltshire. 1214 cuestionarios se aplicaron en agosto de 2003 mediante entrevistas cara a cara en los hogares de los encuestados, con una tasa de respuesta del 90%.

Para analizar los componentes que afectan la DAP y dar sentido a la valoración realizada, los autores utilizaron el análisis factorial: en este caso, los factores como el temor a la delincuencia o la seguridad del tráfico, se derivaron de las respuestas a preguntas de actitud que se presentaron en una escala de Likert. De las 50 variables sobre actitudes, experiencias, comportamiento y características socio-económicas, se extrajeron 12 factores utilizando tanto el gráfico de sedimentación como el valor propio convencional con punto de corte de 1,0. La significación estadística de los coeficientes de los factores de motivación se utilizó para evaluar su importancia como determinantes de la DAP, y su tamaño para determinar la magnitud del valor.

Las medidas de bienestar fueron estimadas a partir de modelos de regresión que incluían como variables las puntuaciones de cada factor identificado. Se utilizó un modelo “*spike*”, en donde la función de verosimilitud tenía dos componentes separados: $DAP = 0$ y $DAP > 0$. Los autores recurrieron alternativamente a un enfoque semi-paramétrico para estimar los intervalos de confianza para la media y la mediana.

Los beneficios medios calculados de la mejora del alumbrado público fueron aproximadamente £12 por familia/año. Las respuestas obtenidas revelan que las preocupaciones de seguridad (en las carreteras y la delincuencia) son el factor que más influye en la DAP, y que existen considerables diferencias entre los hogares en zonas urbanas y rurales. En otros resultados, una considerable minoría no estaba dispuesta a pagar nada (31,5 % de la muestra), mientras que el porcentaje de respuestas positivas se reducían conforme se incrementaba el nivel de oferta. Finalmente, al comparar los beneficios con los costes de implementación, estos últimos resultaban mayores pues se estimaron en un monto que estaba entre 17 y 19 £ familia/año.

En una publicación posterior (Powe *et al.*, 2006), los autores confirman que la sorpresa de presentar una secuencia de ofertas es un factor determinante en la respuesta que se obtiene, concluyendo que los esfuerzos para reducir los sesgos mediante una declaración previa de la gama de oferta no necesariamente aumenta la confianza, por lo que invitan a seguir investigando en esta línea. Sin embargo recomiendan, que de existir la posibilidad, se cambie el formato de la pregunta de valoración para reducir los posibles sesgos; como alternativa viable proponen el formato de “uno y medio” (OOHB)

⁷ En Willis *et al.*, 2005

desarrollado por Cooper *et al.* (2001), pues a pesar de que la manifestación previa de la gama de ofertas puede aumentar el error estándar de las estimaciones, consideran que la mención del rango puede reducir los sentimientos potenciales de pérdida, dar consistencia a los valores y reducir la sensación de indignación que resulta del aumento en los costes que se presentan.

Análisis del crecimiento urbano (García y Riera, 2003)

Utilizando la región metropolitana de Barcelona como área de estudio, esta investigación analizó si el crecimiento urbano disperso es socialmente deseable. La hipótesis de trabajo ponía énfasis en cómo perciben los residentes urbanos los efectos ambientales del crecimiento urbano, a diferencia del enfoque más común que se basa en establecer relaciones estadísticas entre ciertos indicadores de la forma urbana y las variables ambientales. El objetivo era identificar si una disminución en los niveles de densidad, y el consiguiente crecimiento de la ciudad, aumentarían o disminuirían el bienestar general; bajo este supuesto, si el bienestar aumenta, la ciudad óptima debería ser menos compacta y menos densa, por el contrario, si el bienestar disminuye, sería aconsejable un escenario de crecimiento más compacto. Con la consideración de que los formatos de respuesta discreta se acercan más al comportamiento de los consumidores en los mercados reales, los autores utilizaron un formato de doble frontera y una versión ampliada del modelo de pico para estimar la disposición a pagar por cambiar a un modelo urbano de menor densidad.

El ejercicio simuló un cambio en la densidad urbana para estimar el valor de un cambio en los patrones de crecimiento urbano que pudiera alterar los niveles de densidad, así como la tasa de ocupación de los paisajes exteriores. El escenario planteado incluía dos patrones de crecimiento que cambiarían los niveles de densidad y la tasa de ocupación de espacios abiertos alrededor de la ciudad: en el primero la densidad disminuía pero la ocupación de las áreas naturales circundantes se presenta a un ritmo acelerado, transformando el paisaje; en el segundo aumentaba la densidad pero se preservaba mayor cantidad del paisaje.

Para familiarizar con el escenario de valoración, el diseño de la encuesta incluía información básica sobre las consecuencias ambientales del crecimiento urbano, y en ella se destacaba el equilibrio entre restringir el crecimiento y disfrutar de niveles más bajos de densidad. Previo a la valoración se utilizó una pregunta introductoria para que los encuestados expresaran su interés por las posibilidades de vivir con una mayor densidad, tener que sacrificar los paisajes, o aceptar ambos efectos por igual, la cual a su vez condicionaba la pregunta de valoración, ya que dependiendo de sus respuestas, a cada participante se le asignaba el modelo de crecimiento urbano presumiblemente deseado.

Después de la parte informativa, se presentó la pregunta de valoración; la variación en las áreas verdes se expresó en términos porcentuales (variaciones del 10%), que fueron validadas con un pre-test. A los encuestados que declaraban estar a favor del crecimiento exterior se les ofreció una reducción en los niveles de densidad a cambio de un pago adicional, en forma de incrementos en los impuestos, con la justificación de que la expansión requiere de nueva urbanización e infraestructura. Por otra parte, a los

que se consideraban más preocupados por la expansión se les ofreció un escenario donde la densidad se incrementaría en un 10% y que se enfrentaría a una reducción de impuestos, siendo la justificación de que el desarrollo más denso lo permite.

La muestra fue seleccionada de la población de seis municipios de la RMB y la encuesta se aplicó en 1998 mediante entrevistas personales. Para el procesamiento, fue elegida una versión ampliada del modelo “*spike*”; se le seleccionó debido a que una parte importante de la muestra declaró sentirse indiferente y este modelo permite la inclusión de un “pico” en un valor determinado, cero en este caso. Adicionalmente los autores explican que se utilizó la versión ampliada ya que permite la consideración de preferencias negativas, es decir, teniendo en cuenta la posibilidad de que la provisión de un bien pueda ser percibida como indeseable por una parte de la población y por lo tanto deba ser compensada, como se planteó en el ejercicio.

Suponiendo una función logística estándar para la distribución de probabilidades, se calcularon los coeficientes, incluyendo sólo la oferta como variable explicativa de la respuesta de “sí” o “no”. Las respuestas a la pregunta de indagación mostraron que aproximadamente la mitad de la muestra estaba más preocupados por aumentar la densidad, el 25% consideró que la pérdida de paisajes exteriores era más importante, y el restante 25% se preocupaba por igual de los dos eventos. En cuanto a la DAP por un incremento del 10% en áreas abiertas (en consecuencia mayor ocupación de los paisajes alrededor de las ciudades), el valor medio fue de 7,9 euros por persona y año. Finalmente, en función de los resultados obtenidos, los autores concluyeron que un escenario menos compacto podría incrementar el bienestar en términos agregados, por lo que sugieren que las propuestas generales sobre las ciudades compactas no necesariamente son una meta deseable en la planificación.

Los resultados presentados, en donde los autores declaran no haber detectado sesgos relacionados principalmente con el escenario y el formato de pregunta de licitación, apuntan a que el diseño y aplicación del ejercicio de valoración fue pertinente.

3.6. Conclusiones

La implementación obligatoria del CTE y de sus documentos básicos, llevada a cabo años atrás, sugiere en primera instancia que quizás sea innecesario realizar un estudio de valoración en donde no se establece una regla de decisión debido a que el cambio ya ha sido aprobado y en algunos casos, aplicado. En ese sentido parecería que se ha establecido un nivel óptimo que se ve cuando menos igualado con esta normativa.

Sin embargo quedan cuestionamientos por responder: ¿el ruido es un problema para los habitantes de la ciudad de Barcelona? ¿las características socio-demográficas de las personas se ven reflejadas en la percepción que tiene del ruido y en consecuencia están dispuestas a tomar alguna medida para controlarlo? ¿el cambio aprobado resulta pertinente o es insuficiente (excesivo)? siendo adecuado, pero con otras opciones en el mercado como son las viviendas construidas previamente ¿los usuarios

potenciales estarían dispuestos a absorber los sobrecostes vinculados al uso de sistemas de aislamiento más restrictivos?

Resulta interesante dar respuesta a estas preguntas, por ello en esta investigación se recurre a la valoración contingente para tratar de hacerlo. Pese a las dificultades metodológicas que implica utilizarle, es prácticamente la única opción existente, ya que el número de viviendas que proporcionan las prestaciones acústicas exigidas en el DB-HR es actualmente reducido, haciendo inviable establecer una función hedónica para obtener la disposición a pagar por este tipo de viviendas y determinar las variables que en ella influyen.

La revisión de los elementos básicos que debe tener este tipo de investigación indica que sin dejar de prestar atención a todos sus componentes, se debe tener cuidado especial en el diseño del escenario de valoración y en cómo se calibra el modelo de estimación. En el caso del escenario, de no tener una adecuada definición, el ejercicio corre el riesgo de volverse impracticable o de presentar la estimación de algo que no se pretende, lo que haría injustificable la inversión de recursos que requiere la técnica. Ya que su planteamiento debe de ser neutral y contener información sobre los beneficios (o perjuicios) que se obtienen con el cambio propuesto, así como de la forma en que se alcanzará esta transformación, una de las principales aportaciones de esta investigación es utilizar un instrumento tecnológico (la simulación acústica de la vivienda) como escenario de valoración, de manera que el proceso no se realice en función de las suposiciones de cada individuo.

En cuanto al modelo de estimación, seleccionado en función del formato de licitación, éste debe proporcionar las evidencias necesarias para comparar los beneficios con los costes de mejorar el aislamiento acústico de las viviendas; en la investigación se propone utilizar, además del modelo logit, el logístico ordinal para generar esta información esencial.

Capítulo 4. La valoración económica social del ruido

El énfasis de esta investigación está puesto en analizar el impacto que tiene en el bienestar de los individuos una normativa, que con el fin de mejorar la habitabilidad de las viviendas, incrementa las exigencias constructivas en materia de aislamiento acústico. Para estos casos, la teoría económica recomienda evaluar los costes y beneficios de las acciones emprendidas para determinar si la prevención o reducción de riesgos realmente se traducen en mejoras.

En España, aun cuando es muy probable que la habitabilidad de las viviendas se haya incrementado como consecuencia de las mejoras introducidas por el CTE, se hace necesario evaluar, por parte de los beneficiarios, la pertinencia de esta normativa. En el caso del DB-HR, los costes están asociados a la implementación de sistemas de aislamiento más exigentes, mientras que los beneficios se pueden obtener a partir de la disposición a pagar por una vivienda con mayor confort acústico.

El supuesto fundamental que permite realizar la estimación de los beneficios subyace en que las pérdidas por el deterioro del paisaje acústico puede ser mitigado por la compra de un sustituto, en este caso una vivienda con mayores prestaciones, de manera que los gastos incurridos para evitar los daños proporcionen una medida del impacto en el bienestar de un cambio en la calidad del bien. Para Kim *et al.* (2005), la elección de una vivienda es considerada como un mecanismo de adaptación de los hogares para ajustar su nivel de utilidad actual; las principales motivaciones para que una familia participe activamente en el mercado de la vivienda puede ser la insatisfacción con la vivienda actual (incluyendo tanto la vivienda como las características locativas), el desequilibrio en los consumos debido a los cambios de las características del hogar (ingresos, estado civil, tamaño de la familia, etc.), el atractivo de las propiedades, las alternativas de mercado y factores institucionales tales como las tasas de interés hipotecario, las tasas de rendimiento de las inversiones de vivienda y la intervención del gobierno en la oferta de vivienda.

El ejercicio que se realiza en esta investigación se focaliza en estimar monetariamente los efectos que tiene el ruido en el mercado residencial de nueva creación. La finalidad es implementar un modelo empírico con el cual comparar las características acústicas de una vivienda convencional con las de una alternativa; en este modelo se espera que el aislamiento acústico sea una de las principales variables independientes que permita obtener la DAP por gozar de un mayor confort acústico. En este capítulo se analizan algunas de las investigaciones realizadas en esta línea de investigación, poniendo énfasis en aquellas que utilizan la simulación de escenarios para obtener los costes económicos-sociales del ruido.

4.1 El coste económico social del ruido en la vivienda

Como ha sido comentado con anterioridad, para un sector creciente de la población el ruido es uno de los factores más negativos de vivir en las ciudades, en donde la industrialización y la urbanización han incrementado la producción de un contaminante barato y complejo de medir, que ocasiona molestias y daños sobre la salud, el comportamiento y las actividades de los individuos.

Es una realidad que el crecimiento de la movilidad ha elevado las externalidades ambientales (Nijland *et al.*, 2002; Martínez, 2005) y que las molestias por ruido provienen en un 80% del tráfico urbano (OMS, 1999; Vida *et al.*, 2006), de tal manera que el incremento del parque vehicular tiene asociado impactos económicos que repercuten en dos receptores: los habitantes y las infraestructuras físicas, en especial las propiedades residenciales. Ante estas condiciones, los receptores ocasionalmente pueden hacer algo para mitigar sus efectos, lo que proporciona una vía para obtener algunos de los costes económicos del ruido. Según Harris (1995), el ruido es un problema económico de gran importancia en las sociedades actuales y concluye que a las personas les gusta el silencio, de manera que por lo general están dispuestas a pagar por él; para este investigador, cuando se presentan altos niveles de ruido, se ocasionan interferencias en las actividades cotidianas que se pueden traducir en pérdidas económicas y como ejemplo pone las demandas resultantes por la pérdida de la audición.

Para Raimbault y Dubois (2005) la pregunta es cómo evaluar el deterioro del bien teniendo en cuenta la importancia de la actividad productora del daño; en otras palabras, la valoración del ruido no se puede hacer independientemente del valor social dado a cada una de las actividades en cuestión (la necesidad de transporte, por ejemplo). Por lo tanto, las medidas físicas tienen que ser integradas en un juicio global con las dimensiones de tipo fisiológico, psicológico y sociológico, para tratar de dar significado a los efectos del sonido en los usuarios de la ciudad.

Gillen (2004) argumenta que un factor externo como el ruido impone un coste económico en las personas a través de los bienes inmuebles. En primer lugar a través de la depreciación de propiedades, ya que bienes como las viviendas serán menos valiosos en el mercado debido a que el activo tiene ahora una menor calidad en sus servicios; de otra manera, con el fin de disfrutar de servicios como la relajación al aire libre, o no sufrir interferencias durante el sueño y la comunicación, las personas tendrían que invertir en medidas de mitigación. En segundo lugar, las transacciones de costes asociados con el traslado a otro lugar imponen una pérdida económica a aquellos que decide moverse. En tercer lugar, las personas que deciden mudarse se enfrentan a una pérdida por el apego que pueden tener a la vivienda, lo que sería capturado a través del excedente del consumidor; este factor subyace en la diferencia entre la valoración subjetiva de la vivienda y la valoración de mercado. Finalmente, aquellos que permanecen en la zona por cualquier razón, enfrentan las molestias de ruido y, por tanto, una reducción en el flujo de servicios de sus hogares. La magnitud de la pérdida dependerá de una serie de factores como la sensibilidad al ruido y las actividades que se consideran afectadas, como el sueño, la recreación o la tranquilidad.

A pesar de que existen otros elementos, para Martimportugués y Canto (2005) *“el coste social del ruido se hace evidente en la depreciación de las viviendas de las zonas ruidosas, en los costes de insonorización y amortiguación de aquellas viviendas que sufren sus efectos, en los costes jurídicos que ocasiona a los demandantes conseguir ser atendidos por la justicia y en los costes que suponen los efectos adversos del ruido sobre la salud y el bienestar psicológico”*.

Por su parte Nijland, y Van Wee (2008) consideran que en los análisis coste-beneficio realizados en el contexto residencial sólo se incluyen algunos de los efectos sobre la salud, ya que en la mayoría de los países sólo se monetizan las molestias, y otros efectos como las enfermedades cardiovasculares, efectos sobre el rendimiento cognitivo en la escuela o la perturbación del sueño son habitualmente omitidos. Según estos investigadores, sólo Francia y Dinamarca consideran costes adicionales a la molestia: en Francia, los costes para los niveles de ruido superiores a 70 dB se incrementan en un 30% y Dinamarca asume que los costes de las molestias comprenden dos tercios de los costes sanitarios totales del ruido.

Pese a esta última observación, muchos de los costes han sido evaluados mediante modelos económicos en donde la molestia es el principal efecto del ruido, pues se considera que la connotación que tiene la aportación económica con relación a las molestias es uno de los principales elementos de la escala de valores que adoptan los individuos como recurso para mejorar las condiciones acústicas de su entorno. (Gillen, 2004).

De manera general, los costes asociados al ruido que se han estimado son los generados por:

- la protección comunitaria y privada (barreras acústicas, aislamiento sonoro, etc.),
- las pérdidas de productividad,
- el cuidado de la salud,
- las pérdidas de bienestar psicológico y
- el cambio del valor de mercado de la vivienda, que ha sido tema de un importante número de trabajos de investigación (Navrud, 2000; Nijland *et al.*, 2003; Saz, 2004; Barreiro *et al.*, 2005; Daumal y Gortari, 2006; Marmolejo y Romano, 2009; Baranzini *et al.*, 2010).

En estas líneas de investigación se han involucrado campos muy diversos como la física, el urbanismo, la sociología, la psicología, o la economía. Visto lo anterior, resulta significativo que aun cuando la relación que existe entre el ruido y sus efectos no siempre es explícita, en ámbitos diversos se realizan inversiones considerables para modificar las condiciones acústicas del entorno.

4.1.1 Valoración monetaria del control del ruido

Como se ha mencionado, los costes de mitigación o reducción de ruido se pueden medir monetariamente, de manera que el dinero se utiliza como una medida para representar los cambios en el bienestar percibido. Al proporcionar un valor monetario a la reducción específica en los niveles de ruido,

los impactos (positivos y negativos) se pueden comparar con facilidad para llegar a una decisión sobre el mérito general de una política, como la inducida por el CTE.

Navrud (2002) propone dos vías metodológicas para establecer un valor económico a cada “unidad” de ruido:

- i. La transferencia de estimaciones de estudios de valoración existentes (transferencia de beneficios y revisión de literatura / bases de datos en estudios de valoración de ruido),
- ii. Realizar un estudio nuevo, con técnicas de valoración ambiental.

En la realización de un nuevo estudio, el punto de partida está en considerar la ausencia de ruido como un bien ambiental. Esto implica la asignación de un valor al control del ruido, labor que presenta dificultades pues la construcción social del concepto de valor surge de la percepción y porque el silencio no es un bien para el que exista un mercado explícito aun cuando aporta bienestar social (Mogas 2004; Marmolejo, 2008). Para dar solución a lo anterior, la economía ha desarrollado técnicas que permiten estimar valores para este tipo de bienes; en ellas se asume que el bienestar se origina de satisfacer las preferencias de las personas, por lo que su medida puede expresarse a través de la disposición a pagar o a ser compensado ante el cambio de estado del bien (Capítulo 2).

El supuesto usual para valorar el coste social del ruido es que el efecto de la externalidad se refleja en los diferenciales de precios de la vivienda, lo que se basa en la hipótesis de que existe un mercado de vivienda que funciona de manera adecuada; este supuesto puede no cumplirse, por lo que es necesario emplear otras metodologías que permitan valorar los daños inmateriales ocasionados por este contaminante. De esta manera se pueden distinguir los dos grupos de técnicas de valoración basadas en las preferencias de los individuos: las reveladas (implícitas) y las declaradas (explícitas). Hay que recordar que la diferencia entre ellas está en el tipo de información que se utiliza para estimar el valor. En el primer caso, los fundamentos son las preferencias implícitas que se expresan de manera individual y que se reflejan en el valor de mercado de las propiedades; un ejemplo ampliamente utilizado es el método de los precios hedónicos. El segundo caso se basa en las preferencias explícitas e individuales, que se obtienen de la aplicación de encuestas; un ejemplo metodológico es la valoración contingente.

Tradicionalmente se han usado el método de los precios hedónicos para estimar el coste social del ruido, pero un número creciente de estudios utilizan la valoración contingente para evaluar el cambio real, o potencial, en las medidas de bienestar (Fosgerau y Bjørner, 2006); este último recoge las variables que inciden en la respuesta subjetiva ante el ruido por medio de una encuesta diseñada específicamente a tal efecto y en la cual se solicita información sobre las actitudes de las personas frente a la exposición al ruido y sobre su disposición a pagar, o a ser compensado, por modificar las condiciones acústicas de su entorno, de manera que se incorpora el componente subjetivo asociado a las molestias.

Al margen de estos dos grupos está el método de los costes incurridos, que utiliza el precio de las medidas necesarias para cumplir con las normas locales como un sustituto de los costes del ruido; para

los inmuebles, el daño puede ser trasladado a través de estimar el incremento en la frecuencia de las reparaciones o actividades de reemplazo, y de forma similar una aproximación podría darse con las adecuaciones que se implementan para mitigar el ruido, como sucede con los sistemas de aislamiento que se implementan en las viviendas. En todas estas actividades, el coste unitario puede proporcionar una base para estimar el daño económico del ruido, pero algunos investigadores argumentan que el método presenta algunas desventajas. Freeman (2003) menciona que los daños pueden no tener un efecto económicamente relevante y que a menudo se ignoran los comportamientos adaptativos. Por su parte, Nijland, y Van Wee (2008) consideran que no es adecuado por dos razones: en primer lugar, el coste no muestra ninguna relación con los efectos del ruido, por ejemplo, el coste de un kilómetro de barrera contra el ruido es el mismo para un área de gran densidad como para urbanización de baja densidad, pero el impacto difiere considerablemente. En segundo lugar, el coste de mitigación generalmente se refiere a la reducción del ruido a niveles estandarizados, pero por debajo de estos el ruido sigue afectando a la salud, efecto que no es tenido en cuenta.

Retomando los métodos principales, la técnica de precios hedónicos busca obtener el valor del silencio a través del efecto que su presencia tiene en el precio de la vivienda. Aunque no existe un mercado directo para el silencio (o para la ausencia de ruido), diferentes niveles sónicos tienen un efecto diferenciable sobre el precio de la vivienda. En el caso de las molestias por ruido, se intenta identificar qué parte de la diferencia del precio de las viviendas se debe al nivel de contaminación acústica al que se encuentran expuestas las personas que las ocupan (Van Praag y Baarsma, 2004).

De ésta manera, como la gente está dispuesta a pagar por la tranquilidad, se establece un “comercio” indirecto por el silencio a través del alquiler y venta de vivienda. Cuando se tienen dos propiedades idénticas que sólo se diferencian en la cantidad de ruido, dado que las personas experimentan los efectos adversos del exceso de ruido, la vivienda ruidosa atraerá a las personas dispuestas a realizar un pago menor por la compra o alquiler, mientras que por la vivienda tranquila se tendrá que pagar más. La diferencia entre los precios de los lugares con mucho ruido y los tranquilos puede ser utilizada, después de controlar otros efectos, para el cálculo del valor de cada decibel de ruido. El cálculo se efectúa con una ecuación en donde el valor de la propiedad (V) es la variable dependiente y un conjunto de características de la vivienda, entre las que se encuentra la ubicación física (Z) y el nivel de contaminación acústica (N), son las variables independientes:

$$V = V(Z, N) \tag{4.1}$$

Para aplicar el método, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

1. El área de estudio puede ser tratada como un mercado competitivo con libertad de acceso y con información perfecta tanto de los precios de la vivienda como de las características del medio ambiente.

2. El mercado de la vivienda en el área de estudio se encuentra en equilibrio: los individuos continuamente re-evalúan su situación y ajustan su elección residencial a las circunstancias cambiantes.

En la mayoría de los estudios, el cambio en los precios con respecto al ruido es evaluado por el índice de depreciación por sensibilidad al ruido (*NSDI: Noise Sensitivity Depreciation Index*). Introducido por Walters en 1975 para permitir comparaciones, presenta el cambio porcentual en el precio de la vivienda por dB de aumento en el nivel de ruido, relacionando la diferencia porcentual entre los precios de las viviendas P_0 y P_1 y la diferencia entre el ruido de dB_0 y dB_1 ; su cálculo es el siguiente:

$$NSDI = \frac{\text{Cambio en el valor de la propiedad}}{\text{Cambio en la exposición al ruido}} = \frac{\partial V}{\partial N} = \frac{1}{P_0} \times \frac{P_0 - P_1}{dB_0 - dB_1} \quad (4.2)$$

NSDI: Índice de depreciación

V: Valor de la vivienda

N: Nivel de ruido

P: Precio de la vivienda

dB: nivel de exposición

Los resultados que han surgido de los estudios de precios hedónicos sugieren que el ruido tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo en los precios de la vivienda (Tabla 4.1). Martínez (2005), al analizar resultados diversos del NSDI, indica que el impacto negativo es más alto mientras más alto sea el valor de las propiedades analizadas (a más valor de la propiedad, mayores los efectos negativos).

Tabla 4.1 NSDI reportado por estudios de precios hedónicos

Autoría	Localización	Año	NSDI (%)
Allen	Tidewater , EEUU	1977	0,15
Nelson	Washington, EEUU	1978	0,88
Hall, Breston y Taylor	Toronto, Canadá	1978	1,05
Palmquist	Spokane, EEUU	1980	0,08
O'Byrne <i>et al.</i>	Atlanta, EEUU	1985	0,69
Hughes y Sirmans	Baton Rouge, EEUU	1992	8,80
Uyeno <i>et al.</i>	Vancouver, Canadá	1993	0,65-1,66
Levesque	Winnipeg, Canadá	1994	1,30
Vainio	Helsinki, Finlandia	1995	0,36
Yamaguchi	Londres, RU	1996	1,51-2,30
Grue <i>et al.</i>	Oslo, Noruega	1997	0,21-0,54
Wilhelmsson	Estocolmo, Suecia	2000	0,60
Lake <i>et al.</i>	Glasgow, Escocia	2000	0,20-1,07
Becker y Lavee	Israel	2003	2,20
Bjørner <i>et al.</i>	Copenhague, Dinamarca	2003	0,47
Rich y Nielsen	Copenhague, Dinamarca	2004	0,47-0,54
Bateman <i>et al.</i>	Birmingham, RU	2004	0,21-0,53
Rahmatian y Cockerill	California, EEUU	2004	1,75-10,0
Baranzini y Ramírez	Génova; Suiza	2005	0,70
Aguirre y Ramos	Santiago, Chile	2005	2,36
Kwang, Sung i Young-J.	Seúl, Corea del Sur	2007	1,30

Fuente: Marmolejo, 2008; Nellthorp *et al.*, 2007; Martínez, 2005; Navrud 2002

Sin embargo, en la aplicación del método los expertos han encontrado que existen algunos inconvenientes y mencionan que las diferencias en los precios de las propiedades no capturan todos los beneficios de la reducción de la contaminación acústica (Van Praag y Baarsma, 2004; Bjørner, 2004). Por ejemplo, la contaminación acústica podría implicar molestias o riesgos para la salud que difícilmente son incluidos cuando se elige una vivienda en un lugar determinado, por lo que se podrían proporcionar estimaciones sesgadas. En segundo lugar, el método depende de supuestos que con gran probabilidad no son aplicables en la totalidad de los casos. Finalmente, se ha de tener en cuenta la disponibilidad de información de las transacciones realizadas de manera que se pueda llevar a cabo un análisis significativo.

Como se puede observar, a pesar de su uso extendido, se considera que los precios hedónicos podría complicar la medición del bienestar asociada al control del ruido pues las molestias, que varían según la hora y el día de la semana, pueden ser encubiertas o asociadas a otras variables. Además, al no permitir estimaciones asociadas a las molestias, infravalora el impacto. Tampoco posibilita la valoración de efectos de políticas o medidas de intervención antes de su aplicación (Vázquez, 2002). Por otra parte, Bjørner (2004) considera que la diferencia en los precios de la vivienda obtenidos mediante precios hedónicos sólo proporciona un límite superior en la disposición a pagar por la reducción de ruido, además de que los resultados pueden ser muy sensibles a las decisiones de modelado y las condiciones en los mercados locales (Navrud, 2002). Estas limitaciones sugieren que vale la pena explorar más a fondo el potencial de los métodos de preferencias declaradas en la valoración monetaria del control del ruido, ya que ésta técnica ayuda a solventar los inconvenientes anteriores (Carlsson *et al.*, 2004).

Una de las principales ventajas de la valoración contingente radica en que focaliza la atención en las personas. Con su aplicación se obtiene la disposición a pagar por el silencio en una vivienda específica, en donde el estudio de las relaciones entre sensibilidad acústica y características de las personas ayuda a que los procesos de planificación y diseño mejoren. En opinión de Yang y Kang (2005), la aplicación de encuestas ha demostrado ser una técnica adecuada para simular las complejas relaciones que surgen entre las condiciones acústicas de los ambientes urbanos, las interacciones entre las fuentes y los aspectos socio-culturales de la población.

Por otra parte, la evaluación económica de beneficios producidos por políticas de control requiere la aplicación de métodos como la valoración contingente, pues éste es uno de los pocos que permite realizar estimaciones antes de que la política sea aplicada, o cuando no existe una muestra de las transferencias realizadas en el mercado; además proporciona una valoración más completa que los métodos basados en el mercado ya que permite incluir costes intangibles (las mencionadas molestias), a la vez que es un método directo dado que el valor se obtiene preguntando directamente por el bien.

Con independencia de los bondades de cada método, a continuación se presentan algunos de los estudios realizados en fechas recientes que han empleado las técnicas de precios hedónicos o de valoración contingente para obtener los costes que el ruido tiene en las viviendas; la mayor parte de

estas investigaciones están enfocadas a establecer la relación del ruido con las infraestructuras de transporte, pues reconocen en ellas a su principal fuente (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Estudio de valoración económica del ruido

AUTOR(ES)	MÉTODOS	PLANTEAMIENTO	LOCALIZACIÓN
Marmolejo y Romano (2009)	VC*	Reducción de los niveles de ruido por reconfiguración de rutas aéreas. Pago de tasa mensual. Segunda aproximación valorativa a través de la revalorización de la vivienda	Barcelona, España
Durán y Vázquez (2009)	VC	Reducción de molestias ocasionadas por infraestructuras ferroviarias mediante la colocación de pantallas. Vehículo de pago obligatorio.	Galicia, España
Marmolejo (2008)	PH**	Función hedónica para las tasaciones de viviendas plurifamiliares	Barcelona, España
Marmolejo y Frizzera (2008)	VC y ranquin contingente	Referencia a los niveles de ruido experimentados en diferentes horarios de un día laboral; reducción de niveles a través de programa pagado con tasa mensual	Barcelona, España
Barreiro <i>et al.</i> (2005)	VC	Implementación de programa con contribución financiera para la reducción de niveles a los comparables entre distintas horas y días laborales.	Pamplona, España
Martimportugués y Canto (2005)	VC	DAP por ventajas de relocalización de la vivienda y por programa de reducción	Málaga, España
Baranzini y Ramírez (2004)	PH	Función hedónica con apoyo de sistemas de información geográfica	Ginebra, Suiza
Bristow y Wardman (2004)	VC	Comparación de localizaciones expuestas a diversos niveles de ruido, expresado en porcentajes y con impuestos como vehículo de pago	Edimburgo, Escocia
Saz (2004)	VC	Pasar de los niveles de una carretera o calle muy transitada, a los existentes en una vivienda o en una oficina. Contribución especial obligatoria para colocación de pantallas	Valencia, España
Rahmatian y Cockerill (2004)	PH	Función hedónica para las viviendas cercanas a un aeropuerto	California, EEUU
Gillen (2004)	PH	Función hedónica para las viviendas cercanas al Aeropuerto Internacional Pearson	Toronto, Canadá
Hernández y Carrillo (2003)	VC	Campaña de reducción de niveles a la mitad iniciada por el Ayuntamiento y pagada por impuesto adicional	Murcia, España
Martín <i>et al.</i> (2003)	VC	Sobrepeso en la vivienda por una ubicación poco ruidosa	Valladolid, España

*Valoración contingente **Precios hedónicos

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que los resultados de estas investigaciones pueden presentar variaciones significativas como consecuencia de las limitantes que los investigadores suelen encontrar durante su realización, se pone de manifiesto que el ruido ambiental tiene efectos perceptibles, que con independencia de la técnica, pueden ser cuantificados.

En diferentes geografías, diversos estudios empíricos revelan el impacto monetario del ruido. Marmolejo (2008) realizó una revisión de ellos encontrando, para el caso del ruido vehicular, que el índice de depreciación por sensibilidad al ruido adopta un valor medio de 0,8% con un recorrido de 0,08% a 2,36%, lo que significa que el valor medio de los inmuebles se reduce en 0,8% por cada unidad que incrementa la intensidad del sonido. Para el caso del ruido aeroportuario, Marmolejo y Romano (2009)

reportan que la afectación suele ser mayor, pues en entornos residenciales la pérdida de valor del inmueble puede alcanzar el 10%, con una media de 3%.

Otro hallazgo a destacar del trabajo de Marmolejo (2008), que utiliza la técnica de precios hedónicos para valorar económicamente el impacto del ruido ambiental en el entorno residencial es que, para la muestra y el conjunto de variables analizadas, el “ruido percibido” no es significativo en el modelo econométrico general. Lo anterior sugiere que la demanda de espacios silenciosos podría ser elástica ante el efecto de otras variables, de manera que los distintos grupos socio-económicos valoran de modo diferente las prestaciones de la vivienda, lo que lleva al investigador a concluir que *“el silencio vale oro, empero siempre y cuando todo lo demás permanezca igual, y esto en la vida real no es precisamente así”*. Metodológicamente esto resulta de interés, pues confirma que al evaluar los costes y beneficios de incrementar el aislamiento acústico en la vivienda, la técnica de valoración contingente resulta más eficaz ya que permite analizar, de forma específica, el cambio establecido.

Rahmatian y Cockerill (2004) estimaron que al aumentar la distancia con respecto a un gran aeropuerto, las viviendas se revalorizan en aproximadamente 1,23 US Dólar/metro, mientras que para un pequeño aeropuerto, el incremento se tasó entre 65 y 77 centavos. En promedio, las casas ubicadas a menos de 5 km. de un gran aeropuerto tienen un precio que se estima en 4% a 10% menor que las ubicadas más allá de esta frontera.

Nellthorp *et al.* (2007), analizando estudios realizados con el método de los precios hedónicos, concluyen que el aumento de un 1 dB (A) en el nivel de ruido de una vía reduciría los precios de la propiedad entre un 0,21 y un 0,53%, según el segmento de mercado (caracterizados por los ingresos, la composición étnica de la familia y el tamaño de la propiedad). Para el ruido del ferrocarril, las estimaciones son de mayor magnitud, ya que el aumento de un 1 dB (A) en el ruido ferroviario reducirá los precios de la propiedad en un 0,67%. Estos porcentajes representan el índice de depreciación por sensibilidad al ruido.

Barreiro *et al.* (2005), utilizando la técnica de valoración contingente, obtuvieron que la disposición a pagar (DAP) estaba entre los 26 y 29 euros/hogar/año por una reducción sonora que equivale pasar de la intensidad de un día y hora laboral, a un día laboral a las 21:30. Por su parte, también con la técnica de valoración contingente, Marmolejo y Frizzera (2008) reportan una media equivalente a 3,39 euros/persona (equivalente a un 0,28% de la renta bruta familiar disponible del municipio de Barcelona) de DAP para una reducción sonora que equivale a pasar de un nivel de ruido característico en una hora punta de un día laborable, al que se experimenta a las 21:00 horas del mismo día.

En Bizkaia, Herranz y Proy (2003) reportaron que el coste social del ruido tenía una media de 114 euros/año (el 0,8% de los ingresos familiares) por preservar o mejorar el ambiente acústico de los barrios, aunque la variación de las respuestas obtenidas fue muy amplia (de 2 a 40 euros/mes). Este valor, aportado por sólo el 17% de los encuestados, se transformó en una disposición media de 19-20

euros/año cuando se consideró al total de la población. Sobre los valores reportados, las autoras reconocen que fueron inferiores a los encontrados en otras investigaciones.

El meta-análisis de Navrud (2002), que examinó una serie de estudios realizados en EE.UU. y Europa, incluye una serie de valores, entre 2 y 99 euros por decibel/hogar/año cuando el nivel de ruido estaba entre 50-55 L_{den} y 70-75 L_{den} . Esta gama es grande y probablemente refleje la variedad de circunstancias en las se llevó a cabo cada estudio. Asumiendo algunos supuestos y tomando un valor representativo de cada país europeo, la CCE (2003) recomendaba que el valor de la percepción del beneficio de reducción de ruido fuera de 25 euros dB/hogar/año, independientemente de la fuente y el nivel de ruido, siempre y cuando éste último se encontrara entre 50 y 75 dB (Nijland y Van Wee, 2008).

Martín *et al.* (2006), con el fin de encontrar algún tipo de relación dosis-efecto entre las mediciones de ruido y la molestia reportada, así como de evaluar la reducción de ruido desde la perspectiva económico y social, llevaron a cabo un estudio en la localidad de Valladolid. Con varios supuestos, los autores encontraron que el 54% de la población prefería vivir en un ambiente silencioso, incluso si la propiedad que se ofrecía a cambio era de menor valor. En cuanto al sobreprecio que los encuestados estarían dispuestos a pagar por una vivienda menos ruidosa, éste variaba entre el 1% y el 15% del valor de la vivienda. Además, el 50% de la población estaba dispuesta a pagar por una reducción de la contaminación acústica una cantidad media de 7,22 euros/persona/año (9,81 euros al considerar sólo las personas que mencionaron sentirse muy afectadas por el ruido). En cuanto a las medidas tomadas para mejorar su situación relativa frente a la molestia del ruido, el 29% habían aislado de alguna manera sus viviendas y el 30% había puesto una queja o demanda en contra del agente perturbador.

La mayoría de estudios analizados resaltan la necesidad de establecer de manera adecuada la relación exposición-molestia para la estimación de la DAP por reducción de ruido. Se podría esperar que aquellos que experimentan niveles iniciales relativamente altos de ruido estuvieran dispuestos a pagar más por una reducción en el nivel de ruido que en las zonas menos ruidosas; sin embargo, no hay evidencia sobre la cual establecer una relación entre el valor de una determinada reducción de ruido y los niveles experimentados. Por lo tanto, se recomienda usar el mismo valor independientemente del nivel en el que la reducción se lleva a cabo. Algunos estudios han encontrado que hasta un nivel cercano a los 60-65 dB(A) existe poca molestia, mientras que por encima de un nivel de ruido de 75 dB(A), la gente reporta mucha molestia. Cuando se utiliza esta relación, el valor de la reducción depende del nivel inicial de ruido: a 55 dB(A), la DAP por dB(A) de reducción fue de aproximadamente de 2 euros por año, mientras que a 75 dB(A), la DAP era de unos 10 euros/año (Bjørner, 2004).

En general, los estudios que han empleado la técnica de precios hedónicos concluyen que si se aumenta la molestia por el ruido el precio de la propiedad disminuye entre un 5 y un 7%. Por otra parte, al usar los métodos de preferencias declaradas, las estimaciones de los costes ocasionados por el ruido suelen ser superiores a las que se obtienen en investigaciones que emplearon la técnica de los precios hedónicos, situación que puede explicarse por los comportamientos estratégicos que pueden presentar parte de los encuestados. Sin embargo Bjørner (2004), basado en estudios realizados en Copenhague, considera

que las estimaciones obtenidas por preferencias declaradas parecen razonables al compararlas con los resultados generados por medio de funciones hedónicas.

También se comenta que por la falta de información sobre los precios de las viviendas y otras condiciones locales del mercado inmobiliario, en algunas ocasiones los resultados no se puede traducir a una expresión que sea fácilmente comparable, por lo que algunos investigadores consideran que la forma más útil para expresar el valor sería por dB/hogar/año, que representa la disposición a pagar obtenida a través de estudios de preferencias declaradas.

Para Nellthorp *et al.* (2007), parece claro que:

- Existe un creciente consenso europeo sobre la valoración monetaria del ruido.
- Uno de los principales efectos que se asocia al ruido es la molestia en el hogar, aunque algunos países también se ocupan de los efectos en la salud y/o de otros impactos.
- La gran mayoría de los países basaban sus valoraciones en estudios de precios hedónicos y sólo algunos empleaban la valoración contingente para fundamentar sus políticas (Alemania y Austria). En la comparativa, pese a las diferencias metodológicas, los resultados no eran radicalmente diferentes.

Por último, concluyen que los países escandinavos parecen compartir una mayor sensibilidad a los altos niveles de ruido, aun cuando no están claras las razones subyacentes, quedando por definir si esto se debe a las diferencias en la metodología de evaluación, o a diferencias reales en las preferencias de los países.

4.2 Estimaciones del coste económico del ruido usando el método de valoración contingente

Pese a que las funciones hedónicas han sido ampliamente utilizadas para obtener el coste económico social del ruido, una aproximación cada vez más utilizada se encuentra en la aplicación de encuestas; las justificaciones para emplear este planteamiento metodológico tienen que ver con las ventajas mencionadas con anterioridades.

El supuesto de que se parte es que se puede plantear la relación ruido-molestia para calcular la DAP por la reducción en la exposición al ruido; esto implica establecer la estimación de la molestia en función del ruido, y de la DAP en función del nivel de molestia. De manera general, a las personas se les pide que indiquen la cantidad que están dispuestas a pagar (o renunciar) para reducir (o aumentar), en una cantidad determinada, la exposición al ruido; los medio de pago que convencionalmente se han utilizado para lograr la reducción pueden estar representados por un aumento en un cargo específico (ej. alquiler), los impuestos locales, las tasas impositivas, las contribuciones especiales, entre otros. Los valores monetarios así obtenidos son una expresión de los cambios en el bienestar de los individuos cuando se modifican los niveles de ruido a que se encuentran expuestos.

Sin embargo, la principal dificultad que enfrenta el método de valoración contingente se relaciona con la forma en que se obtiene la medida de bienestar, ya que puede inducir a sesgo en la respuesta pues los encuestados no son sancionados si no expresan su verdadero valor en un intento de influir en la prestación o el precio del bien; por ejemplo, al preguntar cuánto se está dispuesto a recibir como compensación monetaria por una modificación en los niveles de ruido, se puede generar un comportamiento que sobreestime el valor del bien o que boicotee la encuesta, por lo que no siempre es posible obtener la respuesta al valor nominal. Los expertos consideran que para reducir este efecto es importante crear un escenario que sea creíble y que especifique de manera precisa la cantidad en que se modificarán los niveles de ruido; también, para reducir la posibilidad de que se presente este tipo de sesgo y con independencia de la medida de bienestar que la teoría económica reconozca, se recomienda preguntar por la DAP y no por la DAC, tal como indica el informe presentado por el panel NOAA.

Algunos estudios han utilizado como escenario de valoración un cambio porcentual en los niveles de ruido o en la eliminación de las molestias asociadas, pero se ha observado que estos planteamientos pueden dificultar la valoración pues no es posible verificar el grado de comprensión que los encuestados tienen de lo que esto significa (Bjørner, 2004; Bristow y Wardman, 2004; Galilea y Ortúzar, 2005). Para tratar de clarificar lo anterior, Navrud¹ recomienda el uso de funciones dosis-respuesta y un conjunto de supuestos estrictos para convertir los resultados a un valor por dB(A); él asume que un cambio del 50% en los niveles de ruido representa una reducción aproximada de 8 dB(A), mientras que la eliminación de la molestia se refleja mejor por una reducción de 10 dB(A). En esta línea, Barreiro *et al.* (2005) describieron el cambio en función de la experiencia del encuestado al hacer referencia a los niveles de ruido que se presentan en diferentes momentos y días de la semana, mientras que Navrud (2000) obtuvo la disposición a pagar proporcionando a los encuestados una lista detallada de impactos, como los trastornos en el sueño. En general, estos escenarios tienen la ventaja de poder vincular las molestias producidas por los niveles de ruido a la experiencia personal.

También, para compensar la situación de incertidumbre en los escenarios, se ha recurrido a condiciones controladas de "laboratorio"; esto consiste en utilizar herramientas visuales y grabaciones acústicas para comunicar la intrusión que significa un nivel de ruido determinado. Con este diseño es posible simular un amplio rango de situaciones con la certeza de que el estímulo físico, además de medible, es el mismo para todas las personas. Gidlöf-Gunnarsson *et al.* (2007) recrearon en laboratorio las condiciones auditivas y paisajísticas de los patios interiores de manzana para estimar el grado de satisfacción que experimentaban las personas en estos espacios. Por su parte, Chan *et al.* (2009) presentaron un escenario con apoyo visual de diagramas para valorar algunos de los atributos constructivos que contribuyen a mejorar las condiciones de sanidad de las viviendas (entre ellos el control del ruido).

En Holanda, y en esta misma línea de investigación, Torija *et al.* (2011) utilizaron sonidos grabados de tráfico para analizar la relación de algunos parámetros del sonido con la evolución temporal del medio

¹ En Nellthorp *et al.* (2007)

ambiente acústico y la molestia. El diseño de la investigación buscaba proporcionar un entorno realista, por lo que en el experimento los participantes estaban sentados en una sala de estar de una vivienda, y el ruido de transporte se reproducía a través de altavoces colocados al aire libre que no eran visibles en el interior; con este planteamiento los participantes no tenían que usar auriculares y podían dedicarse a actividades cotidianas, como la lectura. La vivienda se ubicaba en una zona tranquila, sin fuentes de sonido perturbador, ya que sólo se incluía los de la naturaleza, como el producido por el viento o los pájaros. La exposición al ruido consistió en grabaciones de trenes a diversas velocidades y distancias, además del ruido de una autopista y de una carretera local. Estos sonidos experimentales se registraron en campo a una distancia predeterminada, con dos micrófonos espaciados 10 metros el uno del otro. Para la reproducción se colocaron dos altavoces y un subwoofer fuera de la casa a una distancia de 3 m de la fachada. Los estímulos sonoros duraban 10 minutos y constaban de pasajes del mismo tipo de tren a la misma distancia y velocidad, o alternativamente, del ruido de tráfico en la autopista.

Para seleccionar al centenar de participantes que recibieron una compensación de 100 euros, se administró un cuestionario a alrededor de 1500 personas que vivieran dentro de una distancia de 15 km del sitio experimental; los requisitos eran que los participantes completaran y devolvieran el cuestionario que contenía preguntas seleccionadas de una encuesta realizada a nivel nacional; además de las variables demográficas básicas, en él se preguntaba por la calidad de la vivienda y la contaminación ambiental en el barrio, la satisfacción general con la situación actual de vida, sobre la salud, la capacidad auditiva y la sensibilidad del medio ambiente. El subgrupo de participantes fue seleccionado de las 255 respuestas obtenidas, teniendo en cuenta las distribuciones de la encuesta de referencia con respecto a los criterios más importantes, tales como edad, género, educación, o sensibilidad al ruido. Los autores concluyeron que los componentes tonales, en lo que ellos definieron como bandas de frecuencias críticas, influyen en gran medida en la molestia referida.

Como se puede observar, la optimización de escenarios ha combinado las encuestas de valoración con cuestionarios socio-acústicos; estos instrumentos se han convertido en un método estandarizado en donde se pregunta sobre el nivel de molestia, ya que existe evidencia científica sobre la relación dosis-respuesta entre el ruido y el nivel de molestia (Navrud, 2000; Bjørner, 2004; Fosgerau y Bjørner, 2006; Li *et al.* 2009). Pero más allá de comprobar la existencia de la relación dosis-efectos, algunas de estas investigaciones ponen de manifiesto que es posible crear escenarios, con distinto grado de sofisticación, que pueden resultar convincentes y familiares para las personas que participen en la investigación; este tipo de diseños estandarizan el bien que se estudia, facilitan la obtención de la verdadera opinión de los encuestados y ayudan a reducir tanto los sesgos como el posible rechazo.

Van Praag y Baarsma (2004), en un estudio sobre los costes ocultos del ruido producido por la aviación, aplicaron un cuestionario a una muestra de personas que vivían cerca del aeropuerto Schiphol de Ámsterdam. El cuestionario fue diseñado deliberadamente para no llamar la atención sobre el problema de ruido para evitar el problema de enfoque. En esta investigación se incluyó la medida específica de bienestar llamada “escalera de vida” presentada por Cantril en 1965, que es un indicador global de

bienestar subjetivo que va desde 1 (la peor vida imaginable) a 10 (la mejor vida imaginable). A través de una ecuación, los autores explican que el nivel de felicidad es función de variables como el ingreso y el ruido, entre otras. Si los supuestos del mercado de la vivienda funcionaran bien, no existiría relación entre el ruido y la felicidad porque los precios de la vivienda se ajustarían para compensar los cambios en ellos, en otras palabras, se esperaría que los individuos menos sensibles al ruido se trasladaran a las viviendas expuestas al ruido atraídos por los precios más bajos; sin embargo, debido al racionamiento en el mercado y al hecho de que los residentes se enfrentan a otros costes, en la práctica este equilibrio con frecuencia no se cumple y hay cargas residuales que siguen sin capturarse, llegando a la conclusión de que la medida apropiada sería la suma de cualquier reducción ocasionada por ruido en el valor de mercado de las viviendas, más las cargas residuales.

Comparando las respuestas de las áreas donde varía la cantidad de contaminación acústica, los autores encontraron la cantidad monetaria que restauraría el nivel de felicidad (bienestar) de una persona dado un perjuicio sonoro determinado, reduciendo potencialmente el porcentaje de respuestas de protesta y otros sesgos estratégicos, como la sobrevaloración del bien. En el caso expuesto, el régimen de compensación dependía, principalmente, del nivel de ruido, los ingresos, el grado en que los precios capturan las diferencias de ruido y la presencia de aislamiento acústico. Metodológicamente, a pesar de que se incorpora el componente el subjetivo, el planteamiento conceptual resulta similar al de las preferencias reveladas, por lo que en su aplicación podrían presentarse las dificultades que suelen aparecer cuando se aplica la técnica de los precios hedónicos.

Martimportugues y Canto (2005) realizaron un estudio en los barrios más contaminados por el ruido de ocio en la ciudad de Málaga, España. El objetivo de la investigación era conocer las creencias ambientales de los encuestados y el coste social del ruido de ocio. La muestra constaba de 140 personas, de la que se obtuvieron 133 observaciones válidas. Para la evaluación de las creencias ambientales se utilizó una escala de 12 ítems en formato Likert con enunciados acerca de cómo la persona se relaciona con la naturaleza. En la evaluación de los aspectos económicos del coste social del ruido se utilizó una escala de 9 ítems relacionados con:

- la cantidad que se estaría dispuesto a abonar anualmente por vivir en un ambiente sin tráfico rodado diurno, sin tráfico nocturno y sin ruido de ocio (de 0 a 100 euros),
- el sobreprecio de una vivienda situada en lugares poco ruidosos o en zonas residenciales (de 0 a 25%),
- el cambio de residencia a zonas sin ruido a pesar de incrementar la distancia al trabajo (de “no aceptaría” a incrementos en el tiempo de desplazamiento superiores a “30 minutos”), y la aceptación de cambios de residencia de menos valor pero sin ruido (escala de 5 opciones de respuesta “nunca-siempre”),
- la cantidad que estarían dispuestos a pagar por disminuir la contaminación acústica de Málaga y la cantidad que debería invertir el Ayuntamiento en este mismo rubro.

Finalmente, en la participación social se emplearon 9 ítems con una escala de 5 opciones de respuesta (nunca-siempre).

El formato de licitación elegido fue la tarjeta de pago y se obtuvieron los siguientes resultados: el valor medio del pago por evitar ruidos de ocio se situó en el intervalo de 36 a 45 euros y la moda en “nada”. Para el sobreprecio por vivir en una zona poco ruidosas destacaban las respuestas “nada” (26,7%) y “pagaría pero no tengo dinero” (23,7%), tendencia que se repitió cuando se preguntaba sobre el sobreprecio por vivir en una zona residencial. En el apartado sobre las mejoras de las condiciones acústicas de la ciudad se presentaron las opciones “nada”, “pagaría pero no tengo dinero” y la cantidad abierta, encontrando que los residentes del centro histórico presentaban los porcentajes más altos de personas dispuestas a pagar, confirmando que eran los afectados por el ruido de ocio. Finalmente, sólo las creencias sobre el medio ambiente correlacionaban significativamente con el pago anual por evitar ruidos de ocio ($r= 0.175$, $p< 0,05$). Los autores destacan que aun cuando al 87,2% de los encuestados no les interesó el cambio de residencia para evitar el ruido ambiental, los individuos son más sensibles a pagar por mejorar las condiciones acústicas del lugar de residencia cuando tienen un beneficio tangible.

En esta investigación se observan dos particularidades: los investigadores sólo recurren a la estadística para presentar los resultados (no existe evidencia del uso de algún modelo econométrico para estimar la DAP) y que los atributos incluidos en el escenario de valoración, aun cuando contienen implícitamente a la molestia, podrían parecer poco precisos. Sin embargo, más allá de las estimaciones presentadas, resulta interesante la conclusión a la que llegan: *“las connotaciones económicas son el último y, probablemente, el más eficaz recurso de afrontamiento para conseguir reducir la contaminación acústica, aunque no sea el más deseado por los sujetos”*.

Fosgerau y Bjørner (2006), proponen un modelo alternativo de ecuaciones simultáneas en donde se combina la regresión lineal con un probit para tratar a la DAP y la molestia como variables endógenas. En el modelo, la DAP se calcula directamente en función del ruido sin considerar la relación entre el ruido y molestia. La molestia, importante indicador de las preferencias y por lo tanto útil para mejorar la eficiencia de las estimaciones de la DAP, fue considerada como una variable endógena que se estimó conjuntamente con la DAP. Por el carácter ordinal de la variable de molestia, se utilizó un modelo probit mientras que para estimar la disposición a pagar ($\log(DAP)$), un modelo lineal condicionado a observar un valor positivo. Para vincular los modelos, primeramente se utilizó la correlación de los términos de error, y en una segunda versión se igualaron algunos parámetros en las ecuaciones, entre ellos la forma cuadrática del ruido, para generar una función de verosimilitud.

Para la realización del estudio, que se llevó a cabo en Copenhague, se enviaron 2200 encuestas por correo (1149 respuestas, 1072 válidas) que proporcionaban información socio-acústica y de valoración. El escenario planteado era una reducción en los niveles de ruido de manera que no se presentaran perturbaciones, que se obtenía por la aplicación de una nueva superficie de rodamiento absorbente; para realizar el cambio y mantener la superficie, cada hogar tendría que realizar un pago anual. El formato de pregunta elegido fue el abierto y se utilizó una pregunta de seguimiento para distinguir las protestas. Por

su parte, las molestias fueron evaluadas con una escala de cinco niveles (en nada molesto, un poco molesto, moderadamente molesto, muy molesto o extremadamente molesto). Los autores mencionan que debido a que algunos encuestados habían participado previamente en las pruebas del material absorbente, éstos estaban familiarizados con el escenario, lo que pudo causar escepticismo pues expresaban que la superficie no eliminaría la molestia cuando los niveles de ruido fueran altos.

Para la modelación se utilizaron las variables DAP, nivel de molestia, nivel de ruido y las sociodemográficas género, edad, ingreso (logaritmo) y nivel de educación. Para el modelo de la DAP sin molestias, en donde los encuestados manifestaban su disposición a pagar por la reducción de ruido a un nivel no especificado en el que ya no se presentaban perturbaciones, los resultados mostraron que el 53% de los encuestados estaban dispuestos a pagar por la reducción, mientras que los ceros auténticos alcanzaron el 24% y las respuestas de protesta (incluida la falta de respuesta) el 23%. Los autores también observaron que la estimación marginal de la DAP se incrementaba con el nivel de ruido: mientras que la DAP anual era de 1 euro/dB/hogar a 55 dB, cuando el nivel de ruido alcanzaba los 75 dB la DAP aumentaba a 20 euros/dB/hogar, lo que fue identificado como concordante con otras valoraciones (refieren que los precios de la propiedad no se ven afectados por los cambios en los niveles de ruido por debajo de 50 o 55 dB).

Utilizando el modelo que incluye las molestias y la DAP como variables dependientes, los autores reportan que existe una fuerte relación entre las molestias y la DAP, en donde al aumentar el nivel de ruido se incrementa la probabilidad de estar más molesto. Finalmente concluyen que con la inclusión de las molestias como una variable endógena se logra reducir los errores estándar de la DAP marginal esperada en un porcentaje que puede variar entre 3 y el 10%, mejorando la eficiencia de la estimación.

Más allá de los valores obtenidos, la contribución metodológica de Barreiro *et al.* (2005) consiste en la utilización del formato de “uno y medio” (OOHB por sus siglas en inglés), introducido en 1995 por Cooper y Hanemann² y aplicado por Cooper *et al.* (2001) para obtener la DAP; este formato de pregunta reduce la posibilidad de que se presente el sesgo de anclaje relacionado a los formatos con múltiples ofertas.

Para la realización del estudio, que se llevó a cabo en 1999 en la ciudad de Pamplona, España, se aplicó una encuesta telefónica a una muestra de 600 hogares. El diseño incluía, en la parte introductoria, preguntas sobre la valoración del ruido en un contexto ambiental, así como de las fuentes y molestias en horarios diversos. Posteriormente, para obtener la DAP, se plantearon dos escenarios: a una parte de la muestra se le indicó que el nivel de ruido de un día laboral, en horas laborables, se reduciría al de un domingo por la mañana y a la otra se le dijo que el nivel del día laboral, en horas laborables, se reduciría al existente en el mismo día pero a las 9:30 p.m. El vehículo de pago fue el incremento de impuestos para financiar un programa de medidas que implementaría el Ayuntamiento (campaña de control de ruido, programa de vigilancia que incluía multas por infracción y asfaltado de calles con material fonoabsorbente). El formato de pregunta elegido fue el mencionado “uno y medio”, el cual incluyó tres

² En Barreiro *et al.* (2005)

intervalos de ofertas con valores que oscilaban de 3,12 a 62,5 euros; la elección de estos valores se hizo a partir de la aplicación de 100 encuestas experimentales que incluían el formato abierto. Aun cuando en este formato no son necesarias las preguntas de seguimiento se les incluyó para detectar las respuestas de protestas de los ceros reales. Finalmente se introdujeron preguntas sobre la edad, género, educación, inversiones previas en aislamiento (quién ha invertido en medidas defensivas es más probable que se sensible al ruido) e ingresos.

Se obtuvieron 188 respuestas “cero” a la pregunta de valoración, de las que 133 fueron interpretadas como protestas. Se observó que las variables de educación (las personas con mayor nivel educativo pueden desempeñar actividades que requieren mayor concentración) y sensibilidad correlacionaba de manera positiva y significativa en todas las regresiones con la DAP. Además se demostró que los entrevistados mostraban una sensibilidad de “alcance”, es decir, la mayoría estaban dispuestos a pagar más por mayores disminuciones en el nivel de perturbación ocasionado por el ruido. Utilizando una función logística (se probó con un modelo probit y se obtuvieron resultados muy similares), se obtuvo que cada hogar estaría dispuesto a pagar aproximadamente 4 euros/dB/año (26-29 euros por hogar y año); esta DAP por hogar representa el 0,27% del ingresos total anual.

Marmolejo y Romano (2009) valoraron el silencio en el entorno residencial afectado por la ampliación del aeropuerto del Prat (Barcelona). Con el fin de reducir el efecto protesta, aplicaron dos aproximaciones para obtener la DAP: en la primera, llamada directa, los encuestados manifestaban su DAP por una reducción sonora ofrecida y en la segunda, definida como indirecta, los encuestados declaraban su hipótesis de revalorización de las viviendas de la zona afectada ante la misma reducción sónica.

En los meses de abril y mayo del 2007 se aplicaron 509 encuestas (492 válidas) a personas de más de 28 años (seleccionada como edad de emancipación) que al menos llevaran tres años residiendo en la zona. En la primera parte de la encuesta, utilizando una escala ordinal y con el fin de permitir contextualizar el bien así como de analizar las razones que están detrás de la DAP, se indagó sobre los niveles de molestia originados por el ruido y los horarios en que ésta se hacía más evidente. En la segunda parte se incluyó el escenario y la pregunta de valoración, que como ha sido mencionado, se presentó con dos aproximaciones; el escenario consistía en una reducción de los niveles de ruido y en la posibilidad de revalorización de la vivienda como consecuencia de una reconfiguración de las rutas aéreas por la construcción de una nueva pista orientada al mar. El vehículo de pago consistía en una tasa mensual cobrada durante 15 años para cubrir el coste de las obras y el formato de pregunta combinaba la subasta con la pregunta abierta. En la tercera parte de la encuesta se colectaba información socio-económica, de las características de las viviendas y de la relevancia del aumento del ruido en relación a otras cualidades ambientales en la zona.

Los resultados mostraron que el 49,18% de los encuestados tenía una DAP positiva, mientras que el 13,61% no tenían una DAP por el bien (ceros verdaderos) y el restante 37,21% externo una respuesta negativa a manera de protesta. Además, se demostró que el planteamiento para reducir las protestas cumplió con su objetivo, pues mientras la DAP directa obtuvo una tasa de protesta elevada (37%), la

indirecta sólo fue boicoteada en un 7,8%. Por otra parte, el análisis de los datos reveló que la valoración media por evitar el incremento del ruido ofrecido (ceros verdaderos incluidos) era de 8,95 euros/persona/mes (DAP directa); en la segunda aproximación, la revalorización media fue de 16.585 euros, cifra que equivalía aproximadamente al 5,07% del valor en venta de los apartamentos en la zona de estudio. La detección de los factores que explican esta valoración se realizó mediante modelos de regresión lineal y logística.

Como parte de sus conclusiones, los autores mencionan que el mayor conocimiento del bien que se analiza parece tener dos efectos sobre la valoración: por un lado, las personas que no protestan expresan una DAP más alta y por otro, coincidiendo con Fosgerau y Bjørner (2006), el mayor conocimiento de la problemática produce una tasa de rechazo al ejercicio más alta, es decir existe un mayor escepticismo y objeción hacia algún componente de la valoración que como consecuencia provoca el boicot de la misma. Además sugieren que el ciclo inmobiliario experimentado en España en esos momentos, aunado a un escaso incremento en la renta familiar y a la subida del interés hipotecario parecía desanimar a las personas a pensar en la posibilidad de pagar más por adquirir una vivienda, aun cuando ésta representase mejores condiciones ambientales.

Hernández y Carrillo (2003) realizaron un estudio en Molina de Segura, en Murcia, para valorar económicamente las molestias generadas por el ruido del tráfico rodado y compararla con la posible implementación de medidas reductoras. El escenario que emplearon fue el del pago de una campaña implementada por el Ayuntamiento orientada a disminuir los niveles de ruido al 50%; el vehículo de pago propuesto fue el pago de un impuesto adicional durante un año; el formato de pregunta elegido fue el dicotómico simple (oferta de salida de 20 euros) con dos preguntas de seguimiento: la primera, abierta, para obtener la máxima DAP y la segunda para diferenciar ceros verdaderos de las repuestas de protesta.

La encuesta, que no contaba con material de apoyo para describir el bien, fue estructurada en cuatro bloques: 1) descripción escueta del bien refiriendo únicamente los peligros para la salud ocasionados por el ruido, 2) seis preguntas, llamadas de sensibilidad ambiental, en escala de Likert; en ésta parte se da demasiado peso al valor de no uso (derecho de existencia) de los seres vivos y los recursos, 3) pregunta de valoración; para diferenciar las protestas, tras una respuesta “cero” a la pregunta de valoración se cuestionaba sobre la motivación eligiendo entre ocho posibles opciones, y 4) variables socioeconómicas: sexo, edad, estudios, ocupación, dependientes, tenencia y tipo de vehículo, ingresos individuales y familiares, ubicación de la vivienda.

La población objetivo fueron las personas mayores de 18 años que habitaran en la localidad (40.508 habitantes mayores de 18 años). La muestra fue de 300 encuestas aplicadas en entrevistas personales, de las que 250 fueron válidas. Los resultados obtenidos fueron que el 36% de los encuestados no estaban dispuestos a pagar, de los cuales el 41 % fue identificado como cero real. El análisis de la información se llevó a cabo mediante la aplicación de un modelo logístico para el cálculo de la media y la mediana de la DAP. Se utilizó la regresión por mínimos cuadrados para explicar la relación entre la

variable dependiente ($DAP \geq 20$ euros) y las variables independientes (DAP expresada y factores socioeconómicos). El modelo definitivo incluyó, dada su significancia al menos del 0.05, las variables DAP expresada, edad y trabajo. Con éste modelo, la media fue de 21,85 euros/persona por reducir el ruido, lo cual arroja un beneficio de 885.110 euros una vez que se considera a la población especificada, cantidad mayor que la dedicada por el Ayuntamiento a reducir el ruido; el umbral mínimo se ubica en 554.555 euros una vez que se excluyen las respuestas de protesta. Cuando los autores consideran un escenario conservador presentando la valoración por hogar (12.922 hogares) y no por individuo, al excluir las respuestas de protesta el beneficio mínimo obtenido fue de 176.902 euros.

La publicación de resultados sugiere que el experimento pudo presentar algunas deficiencias de diseño reconocidas en la literatura especializada: el escenario y la cantidad del cambio parecen poco precisos (en consecuencia poco creíbles), el vehículo de pago utilizado (más impuestos) suele provocar protestas y las preguntas introductorias parecen no estar relacionadas con el objeto de estudio. Pese a lo anterior, las estimaciones presentadas confirman la importancia que tiene el silencio en la sociedad actual.

Realizado en Portugal, y combinando los métodos de valoración contingente con el experimento de elección, el trabajo de Arsenio y Patricio (2004) presentan la valoración del ruido con el fin de obtener posibles entradas en los análisis coste beneficio de los planes de transporte o las acciones de control del ruido. Con su diseño se obtuvo información sobre las características de apartamentos reales y la disposición a pagar por mejoras ambientales. En el escenario se presentaba la comparación entre apartamentos de un mismo lote pero con distintas características. En este caso, el ruido era representado como un atributo subjetivo susceptible de ser proporcionado a cada familia en cuanto a los niveles de exposición y percepción; para ello se recurrió a cuatro condiciones: a) apartamentos actual (*status quo*), b) apartamento situado en la misma planta pero en la fachada opuesta, c) apartamento situado en la misma fachada pero en el extremo opuesto de la misma planta y d) un apartamento situado en el otro extremo de la misma planta y en la fachada opuesta. Con este escenario, los autores buscaban presentar a los encuestados la posibilidad de comparar los atributos del piso seleccionado en diferentes situaciones. En este caso la encuesta se aplicó personalmente en más de 400 hogares de Lisboa.

Los modelos econométricos utilizados fueron el modelo logit para la elección binaria, el modelo logit multinomial para determinar las variables influyentes, el modelo logit mixto y la regresión no lineal. Los resultados muestran que algunas de las variables significativas fueron los ingresos, la distancia a la fuente de ruido, el tiempo de residir en el apartamento, el género y la magnitud del cambio ofrecido. Los resultados indicaron que el valor marginal del silencio fue aproximadamente tres veces más alto para una vivienda ubicada en la fachada más silenciosa que para la misma vivienda ubicada frente a una vía principal.

En este caso se vuelve hacer evidente que el conocimiento previo del bien que se estudia, o la información pertinente que se proporcione a los participantes a través de la encuesta, facilitaran la obtención del verdadero valor que este bien tiene para la sociedad.

Rocha y Carvalho (2005), interesados por las implicaciones del anillo de regionales de alta velocidad que cruzan la zona de expansión urbana de Oporto, presentaron un estudio del impacto de esta infraestructura; los autores reconocen que la situación inicial no era de mucha preocupación, pero el incremento en la construcción de viviendas creó un importante problema social y económico, en donde los residentes más cercanos a la carretera se quejaban de problemas de salud (trastornos del sueño, estrés, falta de concentración, etc.), por la falta de aislamiento y de la reducción en el precio de la vivienda del mercado.

Para evaluar la molestia subjetiva, se realizó un estudio socio-acústico con 5000 consultas por correo (800 respuestas), en el que a través de dos preguntas se calificó el grado de molestia que produce el ruido: la primera usó una escala de valoración verbal y la segunda una escala de clasificación numérica. Además de la calificación de la molestia, se incluyeron algunas preguntas sobre las condiciones socioeconómicas (dirección, número de habitantes, tipo de propiedad de la vivienda, medio de transporte, nivel de educación e ingresos), inversiones anteriores en aislamiento acústico para la vivienda, costes relacionados con la salud, la disposición a pagar por una vivienda en una zona menos ruidosa (relacionada al consumo de combustibles para realizar mayores recorridos) y otras fuentes de ruido.

Los resultados reportaron un alto porcentaje de personas que dijeron sentirse muy molestas o extremadamente molestas (el 44% de las respuestas devuelto) por los niveles de ruido. En relación con las inversiones de aislamiento, algunas familias reconocieron que lo había hecho en el pasado pero por no sabían el coste total o no recordaron el año de inversión. Sobre la disposición a pagar por los precios del combustible y la vivienda, las respuestas mostraron rechazo al cambio de precios (más del 40% en ambos casos).

Sin embargo, los autores reconocen que los resultados pueden mostrar sesgos argumentando que la población que no contaba con vehículo o casa tiende a aceptar mayores cambios en los precios de las propiedades. Con un análisis de sensibilidad se encontró que las familias con menores ingresos mensuales se mostraban más renuentes a los cambios de precios. Las conclusiones presentadas por los investigadores podrían evidenciar de nueva cuenta que las debilidades en la práctica del ejercicio de valoración se traducen en resultados inesperados; en este caso el escenario y el vehículo de pago, así como el medio de administrar la encuesta podrían reflejarse en la inconsistencia de las respuestas obtenidas y en la subsiguiente manifestación de rechazo.

Durán y Vázquez (2009), realizaron una aplicación de valoración contingente con el fin de estimar la pérdida de bienestar ocasionada por el trazado ferroviario que conecta Galicia con Portugal. En el estudio se aplicó un cuestionario mediante entrevistas personales a hogares en el sur de la provincia de Pontevedra en el que los autores decidieron, con el fin de evitar posibles problemas de comprensión, asociar los niveles de ruido con las molestias derivadas.

En la parte inicial del cuestionario se indagaba sobre el conocimiento, la sensibilidad, la percepción y las molestias asociadas a vivir cerca del trazado del tren; para estimar el grado de molestia se utilizó una escala cualitativa de cinco categorías que iban de “absolutamente nada” a “extremadamente”; en este apartado también se preguntaba por las medidas preventivas llevadas a cabo en el hogar o en el vecindario para reducir el ruido. A continuación se presentaba el escenario y la pregunta de valoración; el escenario consistía en la reducción del ruido a niveles de “no molesto” mediante el uso de pantallas acústicas y se insistía en que sólo se reduciría el ruido ferroviario, permaneciendo el de otras fuentes en los mismos niveles. El organismo que proveería el servicio sería el Ayuntamiento y para reducir las protestas, se explicaba que la alternativa de que RENFE/ADIF se hiciera cargo del coste no era viable. El medio de pago escogido fue el de un único pago obligatorio por hogar para cofinanciar la inversión. El formato de pregunta elegido fue el dicotómico simple con tres puntos de partida (60€, 120€ y 180€); la pregunta de valoración era precedida por una pregunta indagatoria, con la que se distinguían los ceros verdaderos de las respuestas de protesta.

El número de personas contactadas fue de 381 de las que 239 aceptaron ser entrevistados, obteniendo una tasa de respuesta del 62,73%. Los resultados mostraron un comportamiento coherente al aumentar el porcentaje de entrevistados que está dispuesto a pagar a medida que aumentaba el grado de molestia. En lo que respecta al rechazo a pagar, se obtuvieron un total de 163 negativas al pago; 59 fueron clasificadas como protestas (el 36,2%), que representan el 24,69% del total de la muestra. En cuanto a los precios de salida, los resultados fueron consistentes pues al aumentar la cantidad ofrecida, el porcentaje de personas dispuestas a pagarlo disminuía. Las estimaciones de la DAP se obtuvieron con los modelos logit y probit sobre una muestra válida de 165 observaciones, (excluyendo las protestas), en los que la probabilidad de aceptar el precio propuesto se modeló en función del precio ofrecido y una serie de variables que recogen diferentes características socioeconómicas; sin diferencias importantes por el modelo empleado, la media estimada de la DAP fue de 97 euros. Las variables significativas fueron el precio ofrecido, la existencia de molestias, la dificultad para dormir, la renta familiar y el tiempo que se está fuera del hogar durante la jornada laboral. Adicionalmente se realizó una adecuación con el modelo spike (incorporar ceros reales) usando una distribución logística, y la estimación no paramétrica (para evitar supuestos sobre la función de distribución); en ambos casos se obtiene una DAP mayor que la calculada previamente.

Por las diferencias metodológicas, los autores consideran que existen dificultades para comparar sus resultados con los obtenidos en otras investigaciones, pero aplicando algunos supuestos concluyen que sus resultados son inferiores principalmente por el vehículo de pago ofrecido, argumentando que la ausencia de un horizonte temporal en otros estudios puede producir el efecto incrustación (duda sobre la internalización de la decisión); por otra parte, cuando se incorporan los ceros reales a través del modelo spike, la DAP obtenida se acerca más a los valores obtenidos en otras valoraciones. A favor de su propuesta, argumentan que el valor obtenido es más conservador, lo que se ajusta a las recomendaciones internacionalmente aceptadas. Otra conclusión interesante a la que llegan los autores

es que de acuerdo a los resultados obtenidos, la escala de molestia se puede simplificar tan sólo a dos categorías: presencia de molestia o ausencia de la misma.

La investigación de Saz (2004) para valorar una política de reducción del ruido en la Comunidad Valenciana fue una de las primeras aplicaciones de la valoración contingente enfocada en esta temática que se ha hecho en España. Durante su realización se aplicaron 405 encuestas personales para obtener la DAP para que se instalaran pantallas acústicas que ayudaran a reducir los niveles de ruido que se experimentaban en las cercanías de la autopista A7.

El diseño de la encuesta incluía un total de 28 preguntas divididas en tres bloques; el primero era introductorio y se indagaba sobre la afectación por ruido que experimentaban las personas (escala de cero a diez); después se presentó un elemento de transición en donde se describía el medio para proporcionar el bien, en este caso las pantallas, y con ayuda de elementos gráficos se hacía referencia a los distintos niveles de ruido-molestia que se podrían experimentar. A continuación se mencionaba el medio de suministro, que en este caso fue el pago obligatorio de una contribución especial durante tres años para costear la instalación. El formato de pregunta elegida fue el dicotómico simple con seis ofertas de salida (de 3 a 90 euros), seguido de una pregunta abierta para expresar la máxima DAP; si no se daba una respuesta afirmativa a la pregunta de valoración, con el fin de diferenciar las protestas, se preguntaba por los motivos de la negativa. Antes de la pregunta de valoración, y con la intención de reducir el sentimiento de obligación moral que podría sesgar la valoración, se preguntaba si se estaba dispuesto a realizar el pago obligatorio. Finalmente, en la tercera parte de la encuesta indagaba sobre las características socioeconómicas de las personas.

Para las estimaciones econométricas se recurrió a los modelos logit y probit, pero por el alto porcentaje de respuestas cero y de protesta obtenido (33,8%) también se utilizó el modelo spike. Los resultados mostraron que la media de la DAP se veía afectada por la especificación utilizada y por la afectación que los encuestados manifestaban: para los individuos seriamente afectados y con el modelo spike, la media de la DAP fue de 127,5 euros mientras que para los menos afectados era de 92,4 euros; para el total de la muestra el valor fue 119,6 euros. Las variables significativas fueron la oferta de salida, la distancia a la fuente, el tiempo de residencia, el grado de molestia referido y los ingresos netos del hogar.

Para la agregación se consideró a los hogares como unidad y la media de la DAP con los valores más conservadores; en este caso, utilizar la mediana implicaría asignar un valor cero por el alto número de encuestados que declararon tener una DAP nula. La población se definió como aquella que era afectada directamente por el ruido, lo que significó el 32% de la población de los municipios colindantes a la vía; esta consideración se hizo teniendo en cuenta que ese era el porcentaje de población europea que se veía afectada por niveles de ruido superiores a 55 dB procedentes del tráfico rodado. Con estas consideraciones, los beneficios sociales resultantes de la reducción de los niveles de ruido se situarían entre 39,2 y 66,7 millones de euros.

En este caso la publicación de la investigación da pruebas de un experimento debidamente implementado, en donde el escenario utilizado proporciona evidencias suficientes para emitir la valoración; también destaca que aun cuando se presenta un alto número de negativas a pagar, la DAP media de la muestra, obtenida con modelos paramétricos, supera todas las ofertas que fueron incluidas en la encuesta, lo que podría demostrar que el silencio es un bien altamente apreciado por aquellas personas que no gozan de él.

4.3 Conclusiones

La cantidad de evidencias deja claro que la profusión de sonidos indeseables es un problema vigente en las zonas urbanas. Sin considerar las afectaciones fisiológicas y psicológicas, el coste social del ruido que se obtiene únicamente por el cambio de valor de un bien básico como la vivienda es sintomático de ello.

En el ámbito residencial, una aproximación básica de este coste son las cantidades invertidas para mitigar los efectos del ruido a través de edificaciones con mayor aislamiento; este tipo de información sirvió como insumo para justificar económicamente la implementación del DB-HR (Domínguez y Frías, 2006; AFELMA, 2008) y en esta investigación para estimar el sobre coste de la vivienda con más prestaciones, pero no permite valorar directamente los beneficios que las personas perciben cuando ocupan una vivienda con estas características.

Para ello se recurre a las técnicas de valoración ambiental. El método de los precios hedónicos que es reconocido por la validez de sus resultados, tiene como inconvenientes el tamaño de muestra que se requiere para establecer la función hedónica y el control de las distintas variables que la componen (en el mercado residencial es complicado encontrar vivienda en donde sólo varíe el nivel de ruido), además de que no es posible determinar en qué medida los factores de carácter subjetivo influyen en dicha función. Cuando el diseño es adecuado, la técnica de valoración contingente es una alternativa viable ya que permite focalizar la atención en lo que interesa estudiar sin excluir los factores subjetivos subyacentes que son tan importantes cuando se analizan los efectos que tiene el ruido en las personas y sus pertenencias.

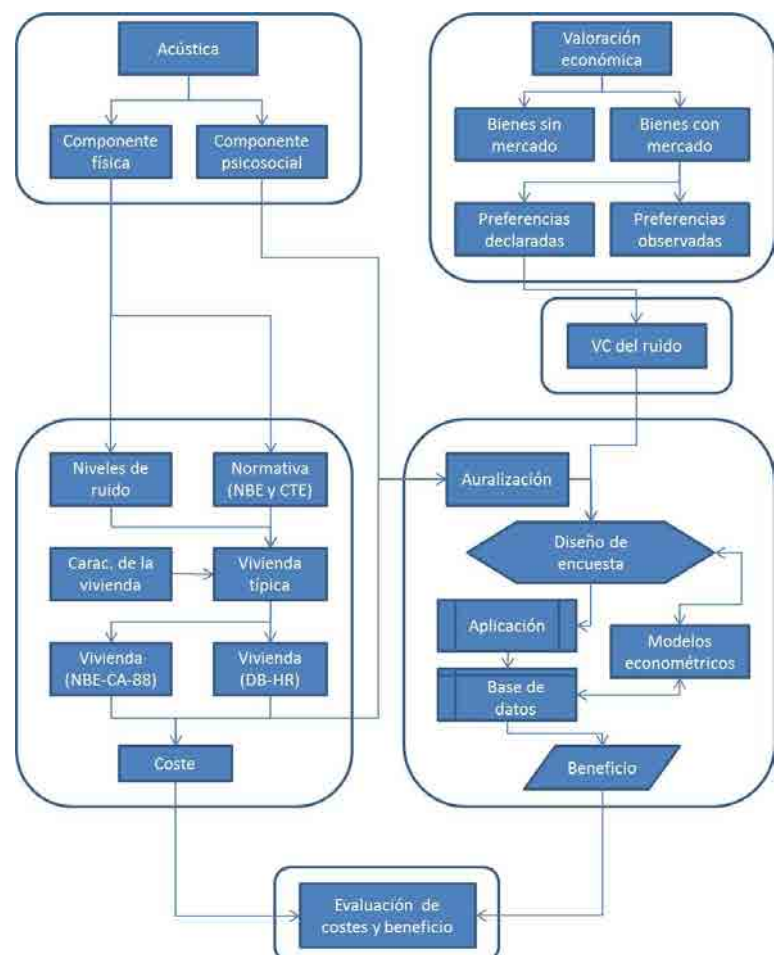
Al emplear la técnica de valoración contingente, las prácticas con mejores resultados son aquellas en las que el escenario resulta familiar y da evidencias de que el objetivo acústico que se fija es técnicamente viable; prueba de ello son las respuestas obtenidas en las investigaciones donde se recurre a los estímulos sonoros y gráficos para mostrar el cambio deseado. En sentido inverso, cualquier imprecisión se puede traducir en el rechazo del ejercicio, como también ha quedado demostrado.

Capítulo 5. Metodología

En los capítulos precedentes se ha comentado sobre cómo los individuos realizan sus elecciones de consumo, y cómo estos conceptos se aplican a la valoración del control del ruido en la vivienda. Ahora es necesario determinar si existe una modificación en el bienestar de los individuos que justifique el cambio de la normativa de edificación.

Dado que los objetivos de la investigación están vinculados a las preferencias personales, se debe conocer con la mayor precisión posible lo que los individuos piensan sobre lo que obtendrán de retorno al incurrir en gastos para prevenir y reducir los riesgos que se afrontan cuando se vive en un ambiente que acústicamente no favorece el desarrollo de las actividades cotidianas. En ese sentido, para evaluar los beneficios generados por la implementación de una normativa que presenta mayores exigencias, interesa conocer que tan satisfechas están las personas cuando enfrentan una mejora en el confort acústico de las viviendas, aunque esto represente un incremento en el precio de las mismas; midiendo las ganancias o pérdidas reportadas por los consumidores potenciales se evalúa la pertinencia de la reciente normativa de edificación.

Ilustración 5.1 Diagrama del proceso de investigación



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración el marco teórico y el estado del arte, en este apartado se presentan los preparativos para la aplicación del método de valoración contingente y su posterior análisis estadístico, poniendo especial énfasis en el diseño del escenario de valoración y del modelo econométrico.

El desarrollo metodológico, elaborado a partir de los objetivos planteados, se resume en la Ilustración 5.1. El marco teórico está representado en los primeros bloques del diagrama, en los que se incluyen conceptos de acústica y valoración; las siguientes secciones constituyen la parte empírica de la investigación, en donde se formula el escenario de valoración, se aplica la técnica de valoración y se estiman los costes y beneficios que permiten comprobar la hipótesis; el estado del arte está ampliamente relacionado con el bloque conceptual, con la aplicación de la técnica de valoración y la evaluación de los costes y beneficios del control del ruido en la vivienda. Los resultados de estos procesos se presentan en el capítulo siguiente.

5.1 Planteamiento contingente

En la actualidad una de las principales fuentes de ruido es el tráfico rodado, lo que ocasiona que muchas personas experimenten niveles de ruido que superan los 65 dB(A). Para el año 2006, en Barcelona, las personas consideraban la presencia de ruido como uno de los principales problemas que tenían que enfrentar en su vivienda (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Principales inconvenientes en las viviendas

PRINCIPAL INCONVENIENT DE L'HABITATGE ON VIUEN LES PERSONES ENTREVISTADES SEGONS ANY DE CONSTRUCCIÓ DE L'HABITATGE (%). BARCELONA, 2006.					
	Total	Abans de 1900	De 1901 a 1960	De 1961 a 1980	Després de 1980
No té cap inconvenient	33,1	15,8	27,6	36,2	42,9
Del Subtotal que sí té inconvenients					
Manca d'espai	24,4	14,8	19,6	28,6	29,9
Manca d'ascensor	15,1	28,6	20,6	11,7	1,8
Soroll del carrer	12,5	6,8	11,7	12,0	20,4
Manca de sol/llum	7,2	5,7	7,4	7,7	6,3
Humitat o fred	5,7	7,3	7,2	4,5	4,9
Soroll dels veïns	6,0	4,3	6,0	6,9	4,7
Acabats deficients	4,0	2,7	3,1	2,7	11,4
Problemes a l'estructura/Aluminosi	2,6	4,1	3,4	2,1	0,9
Massa antic	2,5	11,3	2,9	0,8	0,0
Altres	20,0	14,2	18,0	23,0	19,6
Subtotal amb inconvenients	(66,8)	(84,2)	(72,4)	(63,8)	(57,1)
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Ajuntament de Barcelona (2008-b)

La necesidad de implementar medidas que contribuyan a mitigar los efectos negativos de este contaminante se refleja en la normativa reciente, de manera que el DB-HR puede ser una respuesta pertinente a ella; sin embargo, pese a que existen estudios de factibilidad económica, es necesario estimar si los cambios introducidos en realidad incrementan la utilidad de los usuarios de las viviendas edificadas con esta normativa.

La valoración monetaria del silencio presenta inicialmente la dificultad de ser un bien para el que no existe un mercado. Adicionalmente, la concepción de ruido conlleva una importante carga de subjetividad, pues surge de la percepción. Así, a las personas no les resulta fácil realizar esta tarea, ya sea por la dificultad de valorar un bien de no-mercado o por el desconocimiento que existe sobre este contaminante. La pregunta es entonces, cómo describir una reducción del nivel de ruido en una encuesta partiendo del desconocimiento generalizado que aparentemente muestran las personas. La respuesta, en parte, proviene de las experiencias previas: los investigadores consideran que los estudios sociales del ruido deben presentarse de manera clara y sencilla para facilitar su entendimiento por la mayoría de las personas, independientemente de su edad y nivel educativo, y cuando se captura la percepción, la encuesta debe aplicarse de manera individual, confidencial y con tiempo optimizado.

Pero lo anterior parece ser insuficiente. Herranz y Proy (2003) reportan que en municipios de Bizkaia los últimos estudios psicosociales sobre impacto del ruido ambiental incorporan algunos de sus costes sociales. En estos estudios se recurrió al método de valoración contingente para conocer la disposición a pagar por la preservación y mejora del ambiente acústico residencial, pero encontraron que sólo el 17% de los ciudadanos estarían dispuestos a pagar alguna cantidad y muchos de ellos (35-55%) no sabrían decir cuánto, lo que podría indicar la dificultad que se presenta cuando se ha de asignar un valor al control del ruido.

Esto pone en evidencia la necesidad de realizar un planteamiento empírico que capture, con la mayor precisión posible, el bienestar social que se alcanza cuando se mejoran las condiciones acústicas de las viviendas a partir de la implementación del DB-HR. En este sentido, uno de los principales atributos de la investigación está en presentar la simulación acústica de una vivienda que cumple con dos distintos niveles de aislamiento, y que además incluye las principales características físicas ofrecidas por el mercado inmobiliario barcelonés.

5.1.1 Modelos de encuestas para la valoración del ruido

Para elaborar la encuesta, se tomaron en consideración algunos de los estudios de valoración social del ruido que se han efectuado en los últimos años, prestando especial atención a su estructura así como a las variables utilizadas, con el fin de incluir aquellas que fueron reportadas como significativas.

Un primer enfoque en el diseño de encuestas lo proporcionan los estudios psicosociales. La investigación llevada a cabo en la ciudad de Bilbao (2000) incluye una encuesta elaborada a partir de la utilizada por el equipo de trabajo del Departamento de Psicoacústica del Instituto de Acústica del CSIC. Esta encuesta recoge información sobre siete áreas principales:

1. Impacto general del ruido (molestia ocasionada por el ruido en el entorno residencial).
2. Percepción del nivel de ruido del barrio (evaluación del ruido percibido en las viviendas y que procede de la calle).

3. Efectos psicosociales del ruido (interferencias en las actividades diarias desarrolladas en la vivienda, incluyendo la alteración del sueño).
4. Impacto específico de las fuentes de ruido (asocia la molestia con diferentes fuentes de ruido, incluyendo los ruidos generados por la infraestructura del edificio).
5. Impacto diferencial día-noche (molestia por periodo).
6. Impacto diferencial semanal y estacional (análisis temporal en el que el ruido resulta más molesto).
7. Estrategias dirigidas a reducir el impacto del ruido ambiental (acciones dentro de los hogares e intervenciones que son responsabilidad de la administración).

Además se incluyen las siguientes áreas adicionales:

8. Calidad ambiental percibida (contempla diferentes servicios y cualidades del barrio, entre los que se incluye el nivel de ruido).
9. Sensibilidad hacia el ruido (susceptibilidad de las personas ante el ruido).
10. Adaptación al ruido (reducción de los efectos nocivos del ruido conforme aumenta el contacto con este contaminante).
11. Creencias ambientales hacia el ruido (conocimiento, opiniones, pensamientos).
12. Variables residenciales (barrio, tipo de vivienda, tipo de propiedad de la vivienda, altura de la vivienda y tiempo de residencia en el barrio y en la casa).
13. Variables sociodemográficas (edad, sexo, estado civil, nivel de estudios, situación laboral familiar, lugar de procedencia, etc.).

La escala de medida más generalizada para las variables ordinales es de cinco puntos; en los apartados 6 y 12, así como en algunas del apartado 7, se utilizan preguntas dicotómicas o abiertas, mientras que en el apartado 2 se usó una escala ordinal de 6 puntos.

Por su parte, Martín *et al.* (2003-b) elaboraron una encuesta estructurada en ocho bloques que recogen información de:

1. Ubicación de la vivienda;
2. datos del encuestado;
3. características de la vivienda;
4. características del entorno;
5. molestia de distintas fuentes de ruido;
6. efectos del ruido;
7. medidas tomadas contra el ruido;
8. análisis de coste-beneficio en relación al ruido.

El bloque 5 incluye el mayor número de preguntas; en él se consulta sobre el grado de molestia de 25 fuentes de ruido exteriores a las viviendas, 10 fuentes interiores procedentes de los vecinos y 7 fuentes

en la propia vivienda. En el bloque 6 se analizan los efectos del ruido para la salud y la perturbación de las actividades cotidianas, con énfasis en el periodo nocturno (interferencia en el sueño). En la publicación de resultados (Martín *et al.*, 2006), los autores utilizan el ruido del tráfico en general como referencia para evaluar las molestias por ruidos y agrupan en la categoría de “muy molesto” a los ciudadanos que respondieron “mucho” o “demasiado” a esta pregunta.

Con respecto a las prestaciones de la vivienda, diversos investigadores (Rahmatian y Cockerill, 2004; Arsenio y Patricio, 2004; Saz, 2004; Barreiro *et al.*, 2005; Baranzini y Ramírez, 2005; Daumal y Gortari, 2006; Marmolejo, 2008; Marmolejo y Frizzera, 2008; Jennings y Cain; 2013) han encontrado que algunos de los atributos que suelen aparecer como variables explicativas son: su clasificación y localización en el edificio, la superficie total y la relación con los recintos, tipos de externalidades, la calidad general de sus materiales, las características urbanísticas, el tipo de fuente de ruido y su distancia, así como la presencia de aislamiento o el tipo de carpintería. Por su parte, Kim *et al.* (2005), tras analizar diversos estudios de valoración que utilizan los métodos de preferencias declaradas para obtener las características deseables en las viviendas, concluyen que algunas de las principales variables explicativas al momento de la elección de una nueva vivienda son las siguientes (Tabla 5.2):

Tabla 5.2 Variables explicativas en la elección de vivienda

Autor y fecha	Caso de estudio	Variable dependiente	Variables independientes
Gayda, 1998	Bruselas, Bélgica	Elección de vivienda	Tiempo de viaje al trabajo, tipo de vecindario y precio de la vivienda
Ortúzar <i>et al.</i> , 2000	Santiago, Chile	Elección de vivienda	Accesibilidad, localización e ingresos
Cooper <i>et al.</i> , 2001	Belfast, UK	Elección de vivienda	Precio de la vivienda y densidad
Earnhart, 2002	Fairfield, USA	Elección de vivienda	Tamaño de la vivienda, características naturales y precio
Walker <i>et al.</i> , 2002	West Midlands, UK	Intención de cambio	Atributos locativos y de la vivienda, ingresos
Pérez <i>et al.</i> , 2003	Santiago, Chile	Elección de vivienda	Ingreso, tiempo de viaje al trabajo y a la escuela
Wang y Li, 2004	Beijing, China	Elección de vivienda	Atributos de la vivienda y del vecindario

Fuente: Elaboración propia a partir de Kim *et al.* (2005)

Galilea y Ortúzar (2005), además de preguntar a los encuestados si eran conscientes de que su vivienda tenía un nivel de ruido importante y si pensaban que éste era un atributo significativo en la búsqueda de un lugar para vivir, utilizaron las siguientes variables:

- Características socio-económicas (nombre, jefe de familia, género, edad, nivel educativo, posesión de un permiso de conducir y ocupación).
- Datos de los hogares (municipio donde se encuentra la vivienda, calle e intersección más cercana, alquiler mensual/pago de hipoteca, número de vehículos en el hogar, el ingreso familiar y quienes contribuyen).
- Datos de los viajes de cada trabajador en la familia.
- Ubicación de la vivienda y calificación del nivel actual de ruido en el interior de la misma (escala de 10 puntos).

Más enfocados en la valoración monetaria del ruido, Barreiro *et al.* (2005) incluyeron como variables explicativas de la DAP a la oferta presentada, el nivel educativo, la inversión realizada en mejorar el aislamiento de la vivienda, las molestias por fuente y horario, las creencias sobre el ruido, los ingresos, la edad y el sexo. Para esa muestra, los investigadores concluyen que las variables significativas fueron las dos primeras.

Marmolejo y Frizzera (2008) inicialmente supusieron que la DAP es función de los ingreso, del perjuicio producido por el ruido y de la consideración de éste como agente patógeno, de la edad y del nivel de formación. De manera adicional incluyeron en su modelo información relativa a la ocupación, el número de hogares que consideraban que su vivienda tenía problemas de ruido exterior, el número de locales que desarrollaban diversas actividades económicas y el estado de conservación de las viviendas. Del conjunto de variables, las significativas fueron: la relación molestia-ruido, las creencias (el ruido perjudica la salud), el nivel de importancia que tiene la ausencia de ruido, la ocupación, el tipo de carpintería, la edad y la importancia que se da a la ausencia de industrias.

Gortari (2010) elaboró y aplicó una encuesta de 11 preguntas enfocadas en la percepción del entorno sonoro. En ella incluyó preguntas que tratan el tema de la valoración del ruido a partir de la elección del sitio para vivir y la aceptación o negación del pago de una tasa para la mejora del entorno sonoro. Las preguntas centrales de la encuesta plantean la valoración del ruido y la importancia de los sonidos en la localización de la vivienda: en ellas se indaga el papel que juega el entorno sonoro en la elección residencial, se consulta por la disposición a pagar un extra para alcanzar el confort acústico y se establece la posibilidad de pagar una tasa para mejorar el entorno sonoro de la ciudad. Metodológicamente, la investigadora recomienda suministrar la encuesta de manera presencial por la dificultad que conlleva simular las fuentes sonoras del lugar y las interacciones entre los sonidos con otras variables (microclima, factores socio-culturales, etc.).

La Asociación Española para la Calidad Acústica (AECOR) elaboró una encuesta de seis preguntas, en la que además de la valoración, se investigó sobre la percepción, fuentes, molestias e interferencias ocasionadas por el ruido. Esta encuesta apareció en la página web de la asociación y los interesados participaban directamente en ella; su diseño no incluyó variables de tipo socio-demográfico. Las preguntas de valoración monetaria fueron:

- *Si pudiera pagar mensualmente por reducir los niveles de ruido en su barrio/zona a unos niveles aceptables, ¿qué precio estaría dispuesto a pagar? (cinco valores: desde “Nada” hasta “Más de 100€/mes”).*
- *¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente por una vivienda similar a la suya pero con un mejor aislamiento acústico que le permitiera disfrutar de un mayor confort? (Nada, Menos de 30 €/mes, Entre 30 y 100 €/mes, Entre 100 y 200 €/mes y Más de 200 €/mes)*

En otros casos, algunos investigadores (Li *et al.*, 2009; Torija *et al.*, 2011) han solicitado a los encuestados que indiquen su nivel de molestia con la ayuda de escalas para relacionarlo con la DAP, y así observar la consistencia de las respuestas; en estos estudios se comprobó que la disposición a pagar se correlaciona con los niveles de ruido medidos objetivamente en dB(A) en los lugares donde se realizó la entrevista.

Estos ejemplos evidentemente no son los únicos y no todos utilizan la técnica de valoración contingente, pero en la mayoría de ellos se observa que se recurre a encuestas que provienen de campos diversos como la acústica, la psicología o la economía para obtener el grado de molestia y a partir de este efecto llegar a una valoración, que no necesariamente tiene que ser monetaria. Este posicionamiento generalizado puede tener su origen en que la molestia es reconocida como uno de los principales, o probablemente sea el más indeseable de los efectos del ruido.

Por ello, en la investigación se presenta una modificación en las prestaciones de la vivienda que se puede traducir en una reducción de las molestias que experimenten sus posibles ocupantes, teniendo presente que el diseño de la encuesta debe aportar la información necesaria que refleje las condiciones acústicas que se logran con el aislamiento especificado, de manera que se valore únicamente lo que se desea.

5.1.2 Escenario contingente en la investigación

En el diseño del escenario se consideró que los bienes con los que no se está familiarizado, como los niveles de ruido expresados en decibelios, son inherentemente más difíciles de describir que los bienes más familiares. En este sentido, a pesar del conocimiento que la población puede tener del bien, es esencial que se entienda lo que se plantea en la investigación para que se valore lo que se desea (Boyle, 2003; Jennings y Cain, 2013), por lo que en este caso, para facilitar la comprensión del cambio ofrecido, la información presentada en forma verbal se acompaña por la simulación acústica de dos viviendas que se encuentran sometidas al mismo ruido aéreo exterior pero que sólo difieren en su nivel de aislamiento; de esta manera, la primera cumple con los parámetros establecidos por la NBE-CA-88, que fue la norma de diseño acústico vigente hasta el año 2009, mientras que la segunda lo hace con lo marcado por el DB-HR del CTE.

5.2 La valoración contingente en el ámbito del control del ruido en las viviendas

Para poder implementar el método de valoración contingente, previamente se definieron las principales características de las viviendas que conforman el mercado residencial barcelonés, así como de la población que participa en él. Analizando la tipología de la vivienda de reciente creación, la normativa vigente de control acústico y la información del mercado residencial contenida en los documentos especializados, se modeló el escenario hipotético de las condiciones acústicas de las viviendas típicas en Barcelona que se incluye en la encuesta de valoración.

5.2.1 Identificación del cambio en el bien

En este caso la definición del evento que se valora es esencial, porque en general la población no ha estado expuesta a las condiciones acústicas indicadas en el DB-HR y por lo tanto sólo pueden imaginarlas a través de la descripción que se les presente.

Por definición técnica, las condiciones acústicas de una vivienda dependen de su ubicación, así como de los procedimientos y materiales empleados en su construcción. Para determinar las emisiones es necesario tener en cuenta la ubicación de la vivienda, tanto en el contexto urbano como al interior de la edificación y considerar las 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.

Algunos estudios de valoración económica del ruido (Arsenio y Patricio, 2004; Saz, 2004; Barreiro *et al.*, 2005; Daumal y Gortari, 2006; Marmolejo y Frizzera, 2008) confirman que algunos de los atributos que definen las condiciones acústicas de la vivienda son su posición con respecto a la fachada de exposición, sus características urbanísticas, la distancia a la fuente, la presencia de aislamiento o el tipo de carpintería. Basadas en el método de precios hedónicos, otras investigaciones (Marmolejo, 2008; Baranzini y Ramírez, 2005; Rahmatian y Cockerill, 2004) incluyen, además, la clasificación de la vivienda, la superficie total y su relación con los recintos, tipos de externalidades y la calidad general de sus materiales.

De esta manera, para proponer alguna estrategia constructiva que pudiese ser incluida en el ejercicio de valoración, se identificó una vivienda tipo con sus principales características espaciales, materiales y de contexto. Contando con esta definición constructiva, la definición normativa del cambio puede ser traducida en un escenario tangible a través de la simulación de las condiciones acústicas de dos viviendas con distinto nivel de aislamiento.

5.2.1.1 Características de la vivienda típica

Para definir las características de la vivienda típica de nueva planta en Barcelona, además de consultar los archivos distritales, la bibliografía especializada y algunos arquitectos y promotores que participan en este mercado, se recurrió principalmente a la información recolectada por el Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV) de la UPC, que entre el 2006 y 2008 obtuvo información de una muestra representativa de promociones en construcción. Esta base de datos, después de eliminar los registros perdidos y los que aparecían repetidos en años sucesivos, 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.

Atendiendo lo reportado en las investigaciones que fueron citadas previamente, de la ficha de campo utilizada por el CPSV se extrajo un grupo de variables que podría resultar de interés. De las 78 originales se eligieron 33 (nivel de urbanización, tipología de la vivienda y de la fachada, programa de obra, acabados, etc.) para ser procesadas con un análisis factorial. Este procedimiento permitió identificar las dimensiones subyacentes y reducir el conjunto de variables interrelacionadas a un número menor de factores no correlacionados (Malhotra, 2008).

Una vez identificadas las dimensiones subyacentes se realizó un análisis de conglomerados, o clúster, para crear subgrupos de observaciones con características relativamente similares (*Ibid.*); de esta manera, a partir de los subgrupos en los que se incluyen más observaciones, se determinaron las principales características de la vivienda típica. Estos procesos estadísticos se realizaron con ayuda del programa SPSS v 17.

5.2.1.2 *Ubicación y precios de la vivienda*

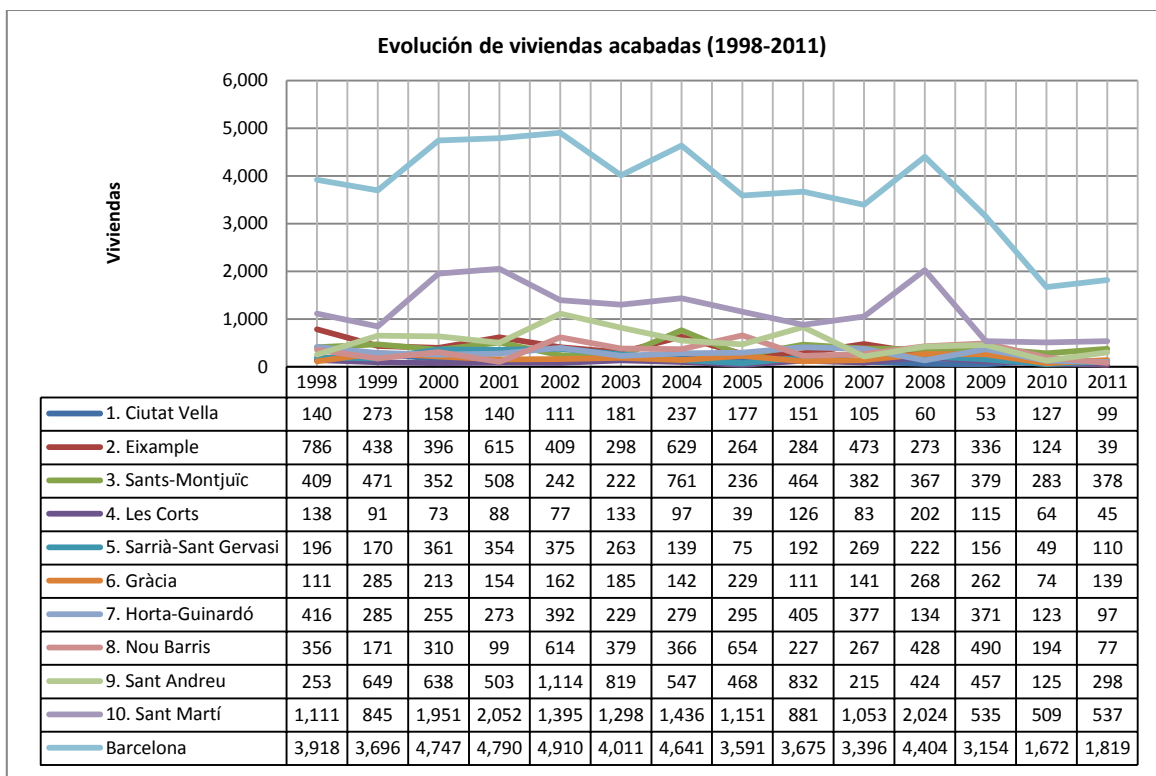
Para definir la ubicación de la vivienda típica se georeferenciaron y mapificaron las distintas promociones de la muestra; el proceso es descrito más a detalle en el Anexo 1 (Características de la vivienda de reciente creación).

Por otra parte, el *Llibre Blanc de L'Habitatge a Barcelona*¹ señala que los distritos con una mayor actividad en iniciación de viviendas nuevas durante el período 1992-2005 fueron Sant Martí y Sant Andreu, acumulando el 41,69% del total del municipio; en estos distritos, las actuaciones más significativas fueron las renovaciones del Front Marítim, Diagonal Mar, el Fòrum, el 22@, la Sagrera y la Maquinista. Fuera de estos distritos, la renovación de la Plaza de Ildefons Cerdà fue otra de las grandes actuaciones realizadas en ese periodo.

En el Gráfico 5.1 se observa que Sant Martí es el distrito con mayor número de viviendas terminadas; para el periodo de 1998 a 2011 el número fue de 16.778 viviendas, que representó el 32% del total de las terminadas en Barcelona. Cuando el periodo temporal se reduce a los años 2005-2012, las viviendas acabadas fueron 6.690 (30,8% del total de viviendas terminadas en el municipio).

¹ Ajuntament de Barcelona (2007)

Gráfico 5.1 Respuestas a la pregunta de valoración



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Secretaria d'Habitatge i Millora Urbana

El "Cens d'habitatge" del año 2001 evidenció que el régimen de tenencia mayoritario en Barcelona era la propiedad (68,1%), pero también mostró una elevada especialización en vivienda de alquiler, ya que el 28,4% de las viviendas ocupadas estaban en este régimen. Así, entre el 2000 y el 2006 disminuyó la tendencia al aumento de la propiedad, mientras que el alquiler se incrementó (Ajuntament de Barcelona, 2008-b).

En cuanto al precio medio de venta de la obra nueva, en el 2007 se situó en los 5.918 €/m² (Ajuntament de Barcelona, 2008-b). Los distritos y barrios con precios más bajos experimentaron las mayores tasas de crecimiento de precios, difuminando las fronteras pero sin llegar a desaparecerlas; en esos momentos, barrios como el Besòs-Maresme tuvieron crecimientos anuales superiores al 20%. Para los alquileres la dinámica fue similar, creciendo más en los barrios donde los alquileres eran más bajos. Desde el 2002, el ritmo de crecimiento de precios por m² del mercado de alquiler fue ascendente y constante. La renta media contractual del 2007 se situó en 15,8 €/m²/mes.

Después de la etapa de crecimiento descrita, se presentaron dos años y medio de caídas en la compraventa de viviendas (de 21.310 transacciones en el 2006 a 9.624 en el 2009). Sin embargo el mercado repuntó en el 2010 (31,3% más que en el 2009), pero la mayoría de agentes destacan que la recuperación se debió a los cambios en la fiscalidad por lo que no esperaban una mejora que pudiera presentar continuidad. En ese año, el mercado residencial se trasladó en buena parte al alquiler; en este mercado se aumentaron los contratos firmados (un 14,6%) y los precios se mantuvieron prácticamente

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

estables (descenso del 1,9%). En lo que se refiere a los precios de compraventa, en el 2010 continuaron bajando, pero con diferencias; el descenso más importante se presentó en la obra nueva (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Precios de vivienda nueva y de alquiler en Barcelona

Mercado inmobiliario	Fuente		2009		2010	
			Anual	Segundo semestre	Anual	Variación interanual
Viviendas obra nueva						
Precio medio/m ² construido	(APOLDA)	(€/m ²)	5.442	5.242	5.242	-3,7%
Precio medio/m ² construido	(ATASA)	(€/m ²)	4.566	4.052	4.052	-11,2%
Precio medio/m ² útil	(APOLDA)	(€/m ²)	7.111	6.662	6.662	-6,3%
Superficie media construida	(APOLDA)	(m ²)	98,1	94,8	94,8	-3,4%
Superficie media útil	(APOLDA)	(m ²)	75,4	74,7	74,7	-0,9%
Viviendas en alquiler						
Nuevos contratos		(u.)	32.177	19.125	36.873	14,6%
Alquiler medio/m ² construido		(€/m ² /mes)	16,03	15,73	15,73	-1,9%
Superficie media		(m ²)	70,0	70,0	70,0	0,0%
Esfuerzo de acceso al mercado						
Compra obra nueva (hipoteca/RFD*)		(%)	57,8	-	49,6	-14,2%
Alquiler (alquiler/RFD)			26,0	-	25,2	-3,1%

*Renta familiar disponible

Fuente: Elaboración propia a partir de Ajuntament de Barcelona, 2011

Según el Ajuntament de Barcelona (2011), en el distrito de Sant Martí el precio medio por metro cuadrado construido se situó en las posiciones intermedias del ranking (4.865 €/m² obra nueva y 3.757 €/m² segunda mano). En la Tabla 5.4 se puede observar que en el 2010, el precio medio de obra nueva aumentó un 2,9%, el de segunda mano cayó un 1,6%, mientras que en el mercado de alquiler se firmaron 3.969 contratos, un 12,2% más que en el año anterior. El precio medio de alquiler en este distrito, muy parecido al del conjunto de la ciudad, se mantuvo estable (15,79 €/m²).

Tabla 5.4 Precio de vivienda nueva y de alquiler en Sant Martí

Mercado inmobiliario	Fuente		2009	2010	Variación interanual	Variación interanual Barcelona
Viviendas obra nueva						
Precio medio/m ² construido	(APOLDA)	(€/m ²)	4.529	4.865	2,9%	-3,7%
Precio medio/m ² útil	(APOLDA)	(€/m ²)	6.084	6.169	1,4%	-6,3%
Superficie media construida	(APOLDA)	(m ²)	108,0	98,8	-8,5%	-3,4%
Superficie media útil	(APOLDA)	(m ²)	84,2	78	-7,4%	-0,9%
Viviendas en alquiler						
Nuevos contratos		(u.)	3.537	3.969	12,2%	14,6%
Alquiler medio/m ² construido		(€/m ² /mes)	15,70	15,79	0,6%	-1,9%
Superficie media		(m ²)	68,0	66,0	-2,9%	0,0%
Esfuerzo de acceso al mercado						
Compra obra nueva (hipoteca/RFD*)		(%)	62,3	-	-	-14,2%
Alquiler (alquiler/RFD)			29,5	-	-	-3,1%

*Renta familiar disponible

Fuente: Elaboración propia a partir de Ajuntament de Barcelona, 2011

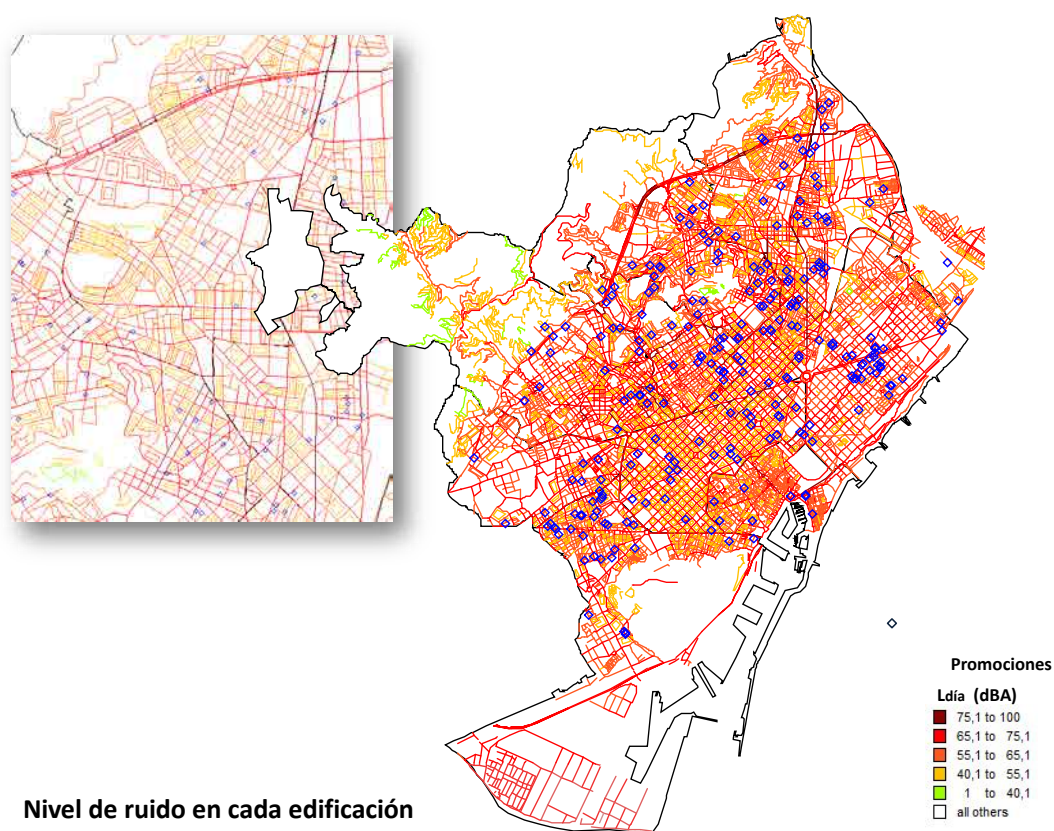
De esta información se puede concluir que una parte importante del mercado residencial de nueva planta puede ubicarse en el distrito de Sant Martí, y que el alquiler se consolidó como una opción residencial en aumento.

5.2.1.3 Nivel de ruido en la vivienda típica

Como ya se ha diagnosticado, las molestias en la vivienda suelen asociarse al ruido aéreo que proviene del exterior, por lo que aun cuando un ruido discontinuo puede molestar más que el sonido del tráfico que es más continuo, en esta investigación el análisis del comportamiento acústico de la vivienda se focaliza en los elementos constructivos que componen la fachada, ya que este conjunto es quien proporciona la protección necesaria.

El diseño del aislamiento que aporta una fachada requiere que se conozca el nivel de ruido aéreo al que se encontrará expuesta la vivienda. En este caso se definió a partir de los mapas estratégicos de ruido, ya que la Generalitat de Catalunya ha puesto a disposición el que corresponde al municipio de Barcelona; al georeferenciar y vincular al mapa de ruido las distintas promociones que se analizaron estadísticamente fue posible obtener el nivel medio de ruido del conjunto, así como el que corresponde a cada una de ellas (Ilustración 5.2).

Ilustración 5.2 Mapa de ruido y promociones analizadas



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Efectos del cambio y método de suministro.

La visión de incrementar la protección de los ciudadanos contra el ruido se ha traducido en una intensificación de la vigilancia de las propiedades de aislamiento de las viviendas. En ese sentido, diversas investigaciones (Smith *et al.*, 2006; Daumal y Gortari, 2010; Low *et al.*, 2008) han demostrado que los altos niveles de ruido en las viviendas se deben, entre otros factores, a lo inadecuado del aislamiento.

En respuesta a las demandas de confort acústico, la aprobación del CTE y de sus documentos básicos supuso la superación y modernización del antiguo marco normativo de la edificación, constituido por las Normas Básicas de la Edificación (NBE CA-88).

Ambas normas establecen los valores límite de aislamiento que los recintos deben presentar según su funcionamiento dentro de la edificación y el tipo de ruido al cual se encuentran expuestos, de manera que se distingue entre recintos (protegidos, habitables y de instalaciones o actividades), unidades de uso, tipo de elemento constructivo, así como también si se trata de ruido aéreo o de impacto; sin embargo, con la transición se da un incremento cuantitativo y cualitativo de las exigencias acústicas preexistentes (criterios más restrictivos de los niveles de aislamiento y verificación *in situ*, lo que significa tener en cuenta los vínculos entre elementos).

En primera instancia, el DB-HR incrementa los índices de aislamiento (Tabla 5.5). A pesar de tener índices de aislamiento diferentes, las exigencias son comparables siempre y cuando se tenga presente la siguiente condición: el índice R_A caracteriza el elemento constructivo sin tener en cuenta las transmisiones laterales, mientras que el D_{nTA} define al elemento y sus condiciones de contorno.

Tabla 5.5 Aislamiento exigido por la normativa

Receptor	Emisor	NBE CA-88	DB-HR	Tolerancia DB-HR
		R_A	D_{nTA}	D_{nTA}
Usuario	Recintos protegidos	>45 dBA	>50 dBA	>47 dBA
	Recintos habitables	>45 dBA	>45 dBA	>42 dBA
	Local de instalaciones a recinto protegido	>55 dBA	>55 dBA	>52 dBA
	Local de instalaciones a recinto habitable	>55 dBA	>45 dBA	>42 dBA
	Zonas comunes sin aberturas	>45 dBA	>45 dBA	>42 dBA
	Locales comerciales	>45 dBA	>55 dBA	>52 dBA
	Ruido aéreo exterior		a_g	$D_{2m,nT Atr}$
Fachadas	Ruido de tráfico	>30 dB	>30 dB a 47 dB	>27 dB a 43 dB

Fuente: Elaboración propia

En la norma NBE-CA-88, para garantizar el aislamiento proyectado, las condiciones exigibles se referían a medidas realizadas en laboratorio bajo el supuesto de una buena práctica constructiva. Esta última condición no necesariamente se cumplía, lo que sumado a que sólo se contempla la vía de transmisión directa en el diseño, el resultado es una falta de efectividad de la citada norma.

En este sentido, la influencia de los defectos de ejecución o de los puentes acústicos son difíciles de evaluar, pero generalmente al ensayar un elemento constructivo en laboratorio y comparar su comportamiento en la edificación, lo que se obtiene es un valor menor en el nivel de aislamiento (Arana *et al.*, 1999 y 2004; Carrascal y Romero, 2005; Meza y Recuero, 2008; Díaz *et al.*, 2010) que se traduce en una reducción significativa de las prestaciones acústicas de las viviendas. Bajo este criterio los valores exigidos en el DB-HR pueden significar una mejora importante en las prestaciones acústicas de las edificaciones, ya que son exigibles en el sitio.

En cuanto a las fachadas, el NBE-CA-88 establecía que todas eran similares y en consecuencia debían proporcionar el mismo aislamiento, lo que dificultaba explicar a un usuario de una vivienda próxima a una carretera o un aeropuerto que el edificio no necesariamente estaba mal construido, sino que el entorno era muy ruidoso. En el DB-HR una novedad importante es el hecho de plantear su aislamiento teniendo en cuenta el nivel de ruido exterior, ya que se tiene que saber con claridad en qué lugar se situará el edificio y qué nivel de ruido tiene asignado; el documento indica que la respuesta de una fachada frente a ruido procedente del exterior está en función del uso del edificio y del valor del índice de ruido día (L_d) de la zona, el cual puede obtenerse de la administración o mediante la consulta de mapas estratégicos de ruido.

De aquí se concluye que la adecuada definición de las condiciones preexistentes de la edificación y una intervención en los elementos constructivos pueden incrementar considerablemente su confort acústico; el diseño óptimo y la correcta ejecución en obra es una de las mejores soluciones para proteger a la población de la contaminación sonora, aun cuando esto pudiese significar mayores costes de construcción.

5.2.2.1 Cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico

Una vez definidas las características interiores y exteriores de la vivienda típica, se verificó el cumplimiento de las especificaciones de protección frente a ruido. En primera instancia se definieron los componentes de la vivienda original a partir de la información contenida en las memorias descriptivas de algunas de las promociones analizadas; de ahí se obtuvieron los detalles de los elementos constructivos para comprobar el cumplimiento normativo de la vivienda típica y elaborar la primera parte del escenario de valoración.

En esta etapa se verificó que los elementos constructivos cumplieran los parámetros acústicos exigidos, y en el caso de que existiese alguna duda al respecto se propusieron los elementos que satisficieran la geometría de proyecto y la demanda acústica establecida. El carácter prescriptivo de la norma facilita esta revisión, que se realizó con el apoyo de manuales de diseño y las fichas de verificación creadas ex profeso.

La segunda etapa corresponde al cumplimiento del DB-HR, situación que implicó la modificación de alguno de los elementos constructivos; estas modificaciones generaron las diferencias en la calidad del

ambiente acústico y en los costes de construcción que permiten comparar entre las edificaciones que cumplan con la norma NBE CA-88 y aquellas que lo hacen con el DB-HR del CTE.

El DB-HR presenta dos opciones para el diseño acústico de la edificación: el método simplificado, con soluciones prestablecidas, o el general en el que se ha de calcular cada paramento. La opción simplificada proporciona soluciones de aislamiento tanto para ruido aéreo como de impacto y se aplica en edificaciones de cualquier uso, siempre y cuando estén resueltas con estructura horizontal resistente de hormigón o forjados mixtos de hormigón y chapa de acero. El procedimiento consiste en establecer los valores mínimos de los parámetros acústicos que definen cada uno de los elementos constructivos, para que en conjunto se satisfagan los valores límite para el aislamiento. Los parámetros acústicos de los elementos constructivos que son tomados en cuenta son la masa (m), el índice global de reducción acústica (R_A), la mejora del índice global de reducción acústica (ΔR_A) y la reducción del nivel global de presión de ruido de impactos (ΔL_w) debida al suelo flotante. Por esta vía, las soluciones están sobredimensionadas y aseguran estar por encima de los índices exigidos, siempre y cuando la ejecución en obra sea la correcta.

La opción general es un procedimiento de cálculo que estima que la transmisión acústica desde el exterior a un recinto, o entre dos recintos de un edificio, se produce siguiendo los caminos directos e indirectos, o por vía de flancos, y la solución se da a partir de la respuesta conjunta de los elementos; el procedimiento es calcular el aislamiento acústico a ruido aéreo de los elementos verticales y horizontales, además del correspondiente a ruido de impactos de los elementos de separación horizontales de los recintos superpuestos, de los adyacentes y aquellos con una arista horizontal común. En el diseño de los elementos constructivos se tiene en cuenta la diferencia en forma y tamaño de las parejas de recintos, considerando cada uno de ellos como emisor y receptor. Además de los parámetros acústicos considerados en la opción simplificada, se incluyen el aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{nT,A}$), el nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado ($L'_{nT,w}$) y el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado ($L'_{n,w}$), mientras que en el cálculo de ruido aéreo se usa el aislamiento acústico aparente R' (o índice de reducción acústica aparente) que se considera en su forma global R_A .

Para implementar estos procedimientos de diseño se puede recurrir a aplicaciones gratuitas, como las que proveen el Ministerio de Fomento o los fabricantes de materiales, o a la utilización de programas (software) de distribución comercial que en algunos casos, además de permitir verificar el cumplimiento de la normativa, tienen la ventaja de generar la auralización de los recintos que componen la vivienda.

Ambas alternativas tienen limitaciones: en el caso de las herramientas gratuitas las más importantes son las soluciones que se restringen a un tipo de material y que dentro de sus resultados no se incluye la simulación acústica. En el segundo caso las principales desventajas están en su costo, ya que las versiones académicas limitan de forma importante las dimensiones de la edificación, y que la auralización sólo se realiza entre recintos teniendo la fuente en el interior de la edificación, situación que no es la más representativa para el estudio.

En general, estas herramientas se aplican a unas plantas dibujadas previamente en donde se identifican recintos y cerramientos. Además, para trabajar con ellas, es necesario conocer las prestaciones de las soluciones constructivas adoptadas, las que pueden consultarse en el Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) del CTE. El diseño básico debe contemplar:

- Definición de las características generales de la obra.
- Indicación de las prestaciones mediante la adopción de soluciones concretas pero sin verificación de las mismas.
- Definición de las prestaciones que el edificio debe proporcionar.
- Comprobación del cumplimiento de acuerdo con los usos, ubicación y características del medio ambiental acústico.

En esta investigación, el diseño de la vivienda se realizó con aplicaciones gratuitas mientras que la simulación acústica, elegida como escenario de valoración, se obtuvo del procesamiento en laboratorio de grabaciones realizadas en una vivienda con características ambientales similares a las del modelo planteado; en este sentido, es necesario tener en cuenta que al momento de iniciar los trabajos no había un mercado de viviendas aisladas con el DB-HR del cual extraer la información necesaria a incluir en el escenario de valoración y que a la vez pudiera ser comparable con la oferta residencial preexistente.

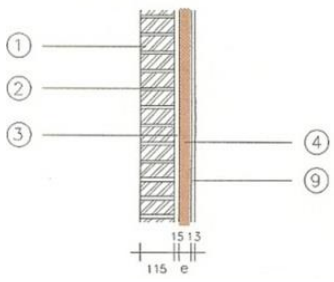
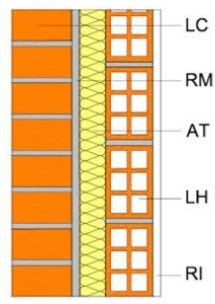
5.2.2.2 Elementos constructivos y sobrecostes.

Dada la cantidad de combinaciones de soluciones que se pueden presentar en una vivienda, los elementos constructivos fueron caracterizados a partir de la información incluida en las memorias descriptivas de algunas de las promociones de la muestra, por lo que son reales y cumplían con la exigencia normativa que regía en el momento de su diseño. Al utilizar información de viviendas construidas durante la aplicación de la NBE-CA-88 se presentó a los encuestados un escenario fidedigno con el que están familiarizados, que ahora se ve modificado con la introducción del DB-HR, tal como lo requiere la implementación de la técnica de valoración.

Las soluciones analizadas son genéricas pero no únicas, por lo que la decisión de utilizarles atiende a la necesidad de restringir el análisis acústico a un sólo modelo edificatorio que permita mostrar a los encuestados una misma reducción en los niveles de ruido; se consideró que al utilizar diversas soluciones constructivas para el escenario se cambiarían las prestaciones acústicas y en consecuencia no se estaría valorando lo mismo. Por este motivo, soluciones constructivas que son válidas fueron excluidas con el fin de hacer operativa la extracción de la DAP.

Con los elementos constructivos definidos (especialmente los componentes de las fachadas; Ilustración 5.3), se cuenta con la información técnica necesaria para simular el cambio en el nivel de aislamiento de la vivienda y estimar los sobrecostes.

Ilustración 5.3 Soluciones para la fachada

Solución NBE-CA		<p>Peso por unidad de superficie (P): 215 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 44 dBA</p> <p>Coefficientes de transmisión térmica (K):</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>kcal/h.m².°C</td> <td>W/m².°C</td> </tr> <tr> <td>Flujo horizontal hacia ambiente interior</td> <td>1/(0,53+R_A)</td> <td>1/(0,46+R_B)</td> </tr> <tr> <td>Flujo horizontal hacia ambiente exterior</td> <td>1/(0,47+R_A)</td> <td>1/(0,40+R_B)</td> </tr> </table> <p>Resistencia al fuego: RF-240</p> <p>Estabilidad al fuego: EF-240</p>		kcal/h.m ² .°C	W/m ² .°C	Flujo horizontal hacia ambiente interior	1/(0,53+R _A)	1/(0,46+R _B)	Flujo horizontal hacia ambiente exterior	1/(0,47+R _A)	1/(0,40+R _B)									
	kcal/h.m ² .°C	W/m ² .°C																		
Flujo horizontal hacia ambiente interior	1/(0,53+R _A)	1/(0,46+R _B)																		
Flujo horizontal hacia ambiente exterior	1/(0,47+R _A)	1/(0,40+R _B)																		
	<p>1: ½ pie de ladrillo cerámico perforado cara vista</p> <p>3: Revestimiento intermedio</p>	<p>4: Aislante</p> <p>9: Placas de cartón-yeso</p>																		
Solución DB-HR		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DB HR - Ruido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R_{A, min}</td> <td>50</td> <td>dBA</td> </tr> <tr> <td>R_{A, tr min}</td> <td>47</td> <td>dBA</td> </tr> <tr> <td>R_{A, med}</td> <td>50</td> <td>dBA</td> </tr> <tr> <td>R_{A, tr med}</td> <td>47</td> <td>dBA</td> </tr> <tr> <td>m_{med}</td> <td>271</td> <td>kg/m</td> </tr> </tbody> </table> <p>LC: Fábrica de ladrillo cerámico RM: Revestimiento intermedio AT: Aislante LH: Fábrica de ladrillo cerámico hueco RI: Revestimiento interior</p>	DB HR - Ruido			R _{A, min}	50	dBA	R _{A, tr min}	47	dBA	R _{A, med}	50	dBA	R _{A, tr med}	47	dBA	m _{med}	271	kg/m
DB HR - Ruido																				
R _{A, min}	50	dBA																		
R _{A, tr min}	47	dBA																		
R _{A, med}	50	dBA																		
R _{A, tr med}	47	dBA																		
m _{med}	271	kg/m																		

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

Para determinar el sobrecoste que implica la implementación de sistemas de aislamiento que cumplan con las exigencias incluidas en el DB-HR se obtiene el coste industrial de fabricación, equiparable al valor de reposición de los elementos constructivos que contribuyen en las condiciones acústicas de la vivienda.

El valor de reposición representa “el coste a los precios actuales de un objeto de utilidad idéntica al que se valora, pero con el diseño, tecnología, materiales, etc., considerados normales actualmente” (Pérez, 1997). Estrictamente el concepto no sería aplicable pues no se intenta obtener una vivienda con el mismo nivel de aislamiento (misma utilidad) sino una con mayores prestaciones acústicas, pero funciona para estimar los respectivos costes de fabricación de los distintos elementos constructivos y así llevar a cabo su comparación.

El sobrecoste por aislamiento se calcula a partir de la modificación o inclusión de distintos materiales que incrementan las prestaciones de los elementos constructivos considerados originalmente. El coste de fabricación de cada elemento se obtuvo a su vez con el generador de precios de CYPECAD (actualizado a diciembre de 2011); en algunos casos las diferencias en los costes no son significativas, ya que la solución constructiva empleada originalmente puede ser similar a la requerida por el DB-HR.

5.3 Diseño de la encuesta

El diseño de la encuesta tiene como objetivo principal la captura de la disposición a pagar por las viviendas mejor aisladas. Teniendo en consideración lo analizado en los capítulos previos, y para explicar esta disposición, con ella también se consigue información de las actitudes y características socioeconómicas de los participantes, así como de las condiciones en las que se oferta el cambio.

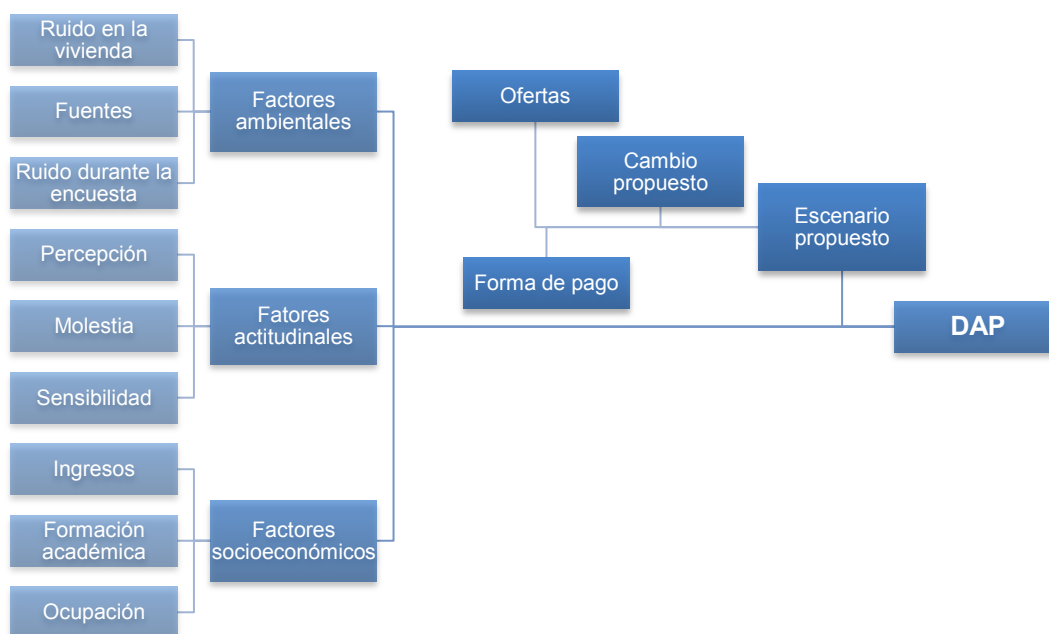
Partiendo de la premisa de que la mayoría de la población aún no ha experimentado las prestaciones que se alcanzan con la implementación del DB-HR, en el diseño se presta especial atención en la forma que se presenta el control del ruido en la vivienda y en la forma en que se captura la DAP individual.

La hipótesis básica para explicar la disposición a pagar por el control del ruido en la vivienda es que ésta depende de variables como las molestias percibidas, la formación académica e ingresos de los participantes, así como de la utilidad que cada uno de ellos cree conseguir por efecto de la modificación en las prestaciones acústicas del nuevo parque residencial. De esta manera, se considera que la DAP se presenta en función de factores ambientales (Am), actitudinales (Ac), socioeconómicos (S), del escenario de valoración (e) y de los precios (p) a los que se oferte este cambio.

$$DAP = f(Am, Ac, S, e, p) \quad (5.1)$$

El modelo explicativo a partir del cual se estructura la encuesta es el siguiente (Ilustración 5.4).

Ilustración 5.4 Modelo explicativo de la DAP



Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Descripción del elemento que se valora

El escenario planteado en la investigación es que ante un hipotético cambio de residencia, se tiene la posibilidad de acceder a una vivienda tal que el confort acústico puede ser mayor, pagando por ello un incremento en el alquiler mensual. El principal atributo de la investigación consiste en presentar la simulación acústica de una vivienda que cumple con dos distintos niveles de aislamiento y que además incluye las principales características ofrecidas por el mercado inmobiliario barcelonés. En el planteamiento contingente, apoyado en los archivos de audio previamente preparados en laboratorio, se debe elegir entre dos opciones:

- Opción 1: Vivienda construida con la norma NBE-CA-88, previa a la implementación del DB-HR del CTE (condición original).
- Opción 2: La misma vivienda, pero construida dando cumplimiento a los requisitos incluidos en el DB-HR del CTE.

5.3.1.1 *El escenario de valoración: la simulación con archivos de audio*

Diversas investigaciones (Thaden, 2005; Barba *et al.*, 2007; Giménez *et al.*, 2011) han demostrado que la simulación acústica de edificaciones ha sido utilizada tanto en el diseño como en la enseñanza para que estudiantes de acústica, arquitectura e ingeniería tengan una impresión inmediata de los efectos acústicos de los diversos materiales y métodos constructivos. Este planteamiento, aplicado en la investigación, permite a los encuestados experimentar el comportamiento acústico de dos viviendas que se encuentra expuestas a ruido aéreo procedente de su exterior y que sólo difieren en el nivel de aislamiento de sus fachadas.

A causa de la crisis en el sector inmobiliario no fue posible detectar ninguna vivienda terminada ajustada al DB-HR, por lo que se recurrió a la simulación acústica para generar los archivos de audio. El proceso requirió tanto del cálculo detallado del aislamiento acústico de dos soluciones constructivas distintas del mismo recinto, como de los fundamentos de los métodos de predicción de aislamiento acústico y los principios básicos de la simulación acústica. De esta manera, mediante el tratamiento en laboratorio de una grabación del ruido proveniente de la calle, se simuló el comportamiento acústico de un espacio determinado.

El análisis se focalizó en la fachada pues se consideró que la principal fuente de ruido, y con la que está más familiarizada la población, está vinculada a los vehículos automotores. En primer lugar se revisó que los elementos originales cumplieran con los 30db(A) de aislamiento exigidos en la NBE-CA-88, y posteriormente se rediseñaron para satisfacer los 37dB(A) de aislamiento estipulados en el DB-HR (el nivel de ruido durante el día en la vivienda típica está entre 65 y 70 dB(A)). Este análisis, además de permitir estimar el sobrecoste por aislamiento, proporcionó la condición de cambio necesaria que se presenta a la muestra durante la aplicación de la encuesta.

Las simulaciones fueron realizadas por el laboratorio “dBplus consultores acústicos”, especializado en certificación acústica, pues se buscó que el escenario representase con la mayor calidad posible el cambio que significa pasar de una norma a otra, tarea que requiere de equipo y especialización técnica (Anexo 4: Análisis y predicción del comportamiento acústico al ruido de tráfico de fachadas típicas de obra vista). Los trabajos realizados fueron los siguientes:

- Obtención de un espectro de tráfico representativo de la ciudad de Barcelona mediante mediciones sonométricas y grabación sonora. El trabajo de campo se realizó en la calle Córcega 433 principal, entre las 18:32h y 19:33h del 16 de marzo de 2012. Esta ubicación se eligió por ser representativa del tráfico habitual de la ciudad; según el mapa de ruido del municipio, se encuentra en una zona con un nivel L_a comprendido entre 65 y 70 dB(A), que de acuerdo al análisis geoestadístico corresponde a los niveles de la vivienda típica.

El micrófono se colocó en 2 balcones orientados a la calle, a una altura aproximada a 4 metros sobre la acera (Ilustración 5.5) y se midió el nivel de presión sonora continuo equivalente, por bandas de tercio de octava de 20Hz a 20000Hz y en valor global, sin ponderar y ponderado A, con constante de integración *Fast*. Simultáneamente se grabó el ruido percibido en formato WAV con una frecuencia de muestreo de 48000Hz y 16 bits. Los equipos utilizados fueron sonómetro, micrófono y calibrador de la marca Bruel&Kjaer, que fueron calibrados en laboratorios autorizados.

Ilustración 5.5 Ubicación del sonómetro durante las medidas



Fuente: Elaboración propia

- A continuación se realizó el cálculo del aislamiento al ruido aéreo de la parte ciega y el acristalamiento de cada una de las fachadas propuestas (NBE-CA-88 y DB-HR) mediante el software de predicción “dBKaisla” (ley de masas y ley de masas corregida); los resultados se generaron para el espectro extendido de bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz. Una

vez determinados los aislamientos de la parte ciega y del acristalamiento, se obtuvo el aislamiento mixto combinado considerando el porcentaje de acristalamiento según la especificación correspondiente, encontrando en las dos fachadas que la desviación entre el valor predicho y el valor calculado, ambos en valor global, es menor a un decibelio por lo que el espectro de aislamiento se validó como representativo de cada solución constructiva propuesta.

- A partir del espectro de tráfico medido y del aislamiento de fachada calculado, se filtró por bandas de tercio de octava el ruido de tráfico grabado para obtener dos pistas de audio que representan la percepción que tendría un usuario de una vivienda característica de cada una de las normas de edificación. Las pistas reflejan la percepción de un oyente en estancias donde el ruido tiene como origen dominante el tránsito vehicular y permiten a los usuarios potenciales percibir el cambio en el nivel de aislamiento que ofrecería una vivienda adaptada al DB-HR.

5.3.2 Diseño de la pregunta de valoración

Para medir la disposición a pagar (DAP) por un bien, la mayoría de estudios de valoración contingente han cambiado del formato abierto a los formatos de tipo cerrado, en donde se pregunta si se está dispuestos a pagar un precio determinado por él. El formato cerrado, que se introdujo por primera vez por Bishop y Heberlein en 1979², utiliza lo que se conoce como límite simple (SB por sus siglas en inglés) para presentar una cantidad monetaria única que cada sujeto decide pagar, o no, y que cambia aleatoriamente entre los encuestados.

Buscando mejorar la eficiencia estadística de las estimaciones, Hanemann, Loomis, y Kanninen (1991)³ introdujeron una variante al formato dicotómico simple, conocido como formato de doble frontera (DB), en la que se presenta una oferta inicial seguida por una segunda opción que se fija a partir de la respuesta inicial. Si el sujeto responde “sí” por primera vez, el segundo precio es un monto mayor, pero si la respuesta inicial es “no”, el segundo precio es menor. Los autores demostraron que la información adicional que se obtiene de la pregunta de seguimiento permite obtener estimaciones más eficientes, ya que se produce una importante mejora en la distribución de la DAP. Sin embargo, el formato suscitó controversia debido a la evidencia de que las respuestas al primer precio en ocasiones puede ser incompatible con la respuestas a la segunda, revelando con esto una DAP menor a la real. En general parece que se entra en una fase de negociación en la cual el encuestado rechaza los ofrecimientos para bajar el precio. Por otra parte, en las aplicaciones existentes no se suele informar al encuestado que se enfrentará a un segundo precio, por lo que al introducirlo se presenta un elemento sorpresa, condición que también puede causar discrepancia en las respuestas a los dos precios.

² En Cooper *et al.*, 2001

³ *Ibidem*

Para remediar esto, en 1995 Cooper y Hanemann propusieron un formato alternativo en el que se indica al encuestado que existe un rango que delimita el costo, aun cuando éste no se conoce con exactitud. Los autores consideran que al eliminar el elemento de sorpresa se tiene el potencial de reducir las discrepancias en las respuestas a las dos preguntas de valoración, pero a costa de no ser siempre capaz de hacer la segunda pregunta de valoración. Por lo tanto, el formato es conocido como “uno y medio” (OOHB en inglés).

En vista de lo anterior, analizando las ventajas y desventajas de cada formato, en esta investigación se decidió emplear el OOHB; la causa principal es que a pesar de que se pueden obtener estimaciones estadísticamente menos eficientes que las de doble frontera (Cooper *et al.*, 2001), se proporcionan los incentivos adecuados para que los encuestados expresen su verdadera disposición a pagar por el control del ruido, que es un bien para el que resulta difícil emitir una valoración.

5.3.2.1 El formato de uno y medio (OOHB)

La implementación de este formato implica, antes de realizar la pregunta de valoración, informar a los encuestados acerca de los límites de los costes en que se incurren para mejorar el aislamiento de la vivienda. Estos límites se conocen como las ofertas (precios) mínima y máxima. A continuación, el encuestador elige de forma aleatoria uno de estos dos puntos como valor para obtener la DAP del encuestado; si se elige la oferta máxima como precio de salida y el encuestado responde NO, se le pregunta si está dispuesto a pagar la oferta mínima. Del mismo modo, si el valor de salida es la oferta mínima y el encuestado responde afirmativamente, 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 dice que sí, y si el precio propuesto por primera vez es el mínimo y la respuesta es negativa.

Por lo tanto, el proceso de obtención puede resultar en conjuntos de seis posibles respuestas (Tabla 5.6). Si la oferta mínima es elegida aleatoriamente como el precio de salida, entonces las alternativas de respuesta posibles son: no, sí-no y sí-sí. Si la oferta máxima es elegida como el punto de partida, las posibles respuestas son: sí, no-sí y no-no.

Tabla 5.6 Ubicación de la DAP

Ubicación de la DAP según las respuestas				Respuesta(s) obtenida(s)					
				No-Of ^{Mín}	Si- Of ^{Mín} No- Of ^{Máx}	Si- Of ^{Mín} Si- Of ^{Máx}	Si- Of ^{Máx}	No- Of ^{Máx} Si- Of ^{Mín}	No- Of ^{Máx} No- Of ^{Mín}
Oferta de salida	Mín.	d^m	$0 \leq DAP < Of^{Mín}$	1	0	0	NA	NA	NA
		d^{sn}	$Of^{Mín} \leq DAP < Of^{Máx}$	0	1	0	NA	NA	NA
		d^s	$DAP \geq Of^{Máx}$	0	0	1	NA	NA	NA
	Máx.	d^s	$DAP \geq Of^{Máx}$	NA	NA	NA	1	0	0
		d^{ns}	$Of^{Mín} \leq DAP < Of^{Máx}$	NA	NA	NA	0	1	0
		d^m	$0 \leq DAP < Of^{Mín}$	NA	NA	NA	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

A partir de los rangos presentados y de las respuestas obtenidas, se observa que la DAP puede ubicarse de tres maneras distintas:

- Entre 0 y la oferta mínima: al presentar inicialmente la oferta mínima y obtener una respuesta negativa, o cuando la oferta inicial es la máxima y se requiere de la pregunta de seguimiento, obteniendo en ambos casos respuestas negativas.
- Contenida en el rango de las ofertas presentadas: al obtener una respuesta positiva a la oferta mínima y negativa a la máxima, con independencia de cuál fue la oferta inicial.
- Mayor o igual que la oferta máxima: al mostrar inicialmente la oferta máxima y obtener una respuesta positiva, o al salir con la oferta mínima y realizar la pregunta de seguimiento, obteniendo en ambas respuestas positivas.

En la tabla anterior también se observa que la respuesta final a la variable dependiente puede agruparse en dos bloques, pues se introduce una variable dicotómica para discriminar entre los que muestran la disposición a pagar por el control del ruido en la vivienda y aquellos que no lo hacen. De esta manera, el problema de discriminación es equivalente a la previsión del valor de la variable dicotómica “y” que ha sido introducida: si el valor previsto está más próximo a 1 que a 0, se clasifica al elemento en la primera población, en otro caso, se hace en la segunda.

5.4 Solución del modelo econométrico

En los formatos de la pregunta de valoración que fueron descritos, en general se presentan dos alternativas entre las cuales elegir, por lo que se tiene un modelo de elección dicotómica. En estas situaciones, la regresión clásica que trata de explicar el nivel de una variable respuesta continua en función de un conjunto de variables explicativas no es el método más adecuado, ya que sus propiedades están basadas en unos supuestos que dejan de cumplirse cuando la variable respuesta es cualitativa (Teijeiro en Salas, 1996). Como alternativa, el modelo de regresión logística permite relacionar una variable dependiente dicotómica con una o más variables independientes, las cuales pueden ser dicotómicas, politómicas o continuas.

5.4.1 El modelo logístico

El enfoque de la regresión lineal es formular un modelo de las siguientes características:

$$y = \alpha + \beta x_i \quad (5.2)$$

para estimar por mínimos cuadrados los parámetros. Este modelo, que puede ser muy versátil, permite predecir el comportamiento de una variable dependiente en función de una o más variables independientes y estimar con precisión su capacidad explicativa (Escobar *et al.*, 2009).

Sin embargo, si las variables que se estudian son cualitativas o categóricas (nominales u ordinales), la posibilidad de utilizar la regresión lineal es muy limitada, siendo su principal inconveniente el que no hay garantía de que la predicción verifique la restricción de localizar entre cero y uno, ya que el modelo puede prever probabilidades mayores que la unidad (*Ibid.*; Salas, 1996). Este procedimiento, que resulta óptimo cuando se tienen variables dependientes cuantitativas, no clasifica de manera adecuada cuando los datos no cumplen esta condición.

Para las variables dicotómicas el modelo logístico, o logit, puede conducir a mejores resultados. Este modelo busca obtener directamente la probabilidad de pertenecer a cada una de las categorías o grupos, lo que se logra transformando la variable dependiente para garantizar que la respuesta prevista esté entre cero y uno. Se suele decir que es más complejo de interpretar y menos preciso pero permite efectuar un análisis de variables categóricas equivalente al modelo lineal.

En la literatura se presentan dos enfoques para interpretar los modelos de elección discreta. El primero se refiere a la observación de una variable latente o inobservable a través de una función índice. Long y Freese⁴ (2006) consideran que existe una relación entre la variable dependiente dicotómica y una variable dependiente inobservada que es continua y expresa la propensión a que ocurra un evento cuando se superan ciertos umbrales.

En este caso, la regresión puede entenderse como la modelización del grado de molestia o insatisfacción asociada a los niveles de ruido que se experimentan en la vivienda y que lleva a expresar una DAP positiva por el control del ruido, DAP que por otra parte depende de las condiciones ambientales, económicas y socio-culturales que experimenta o presenta cada individuo. Formalmente la relación entre variables, que se muestra como una ecuación estándar de regresión, es:

$$y_i^* = \alpha + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (5.3)$$

donde y^* es la variable latente asociada a un umbral (si $y^* > \text{umbral}$, $y=1$; si $y^* \leq \text{umbral}$, $y=0$), α es la constante, β_i son los coeficientes asociados a cada variable x_j y ε_i representa el error aleatorio.

Ya que la suposición es que una persona decide pagar si supera un determinado umbral (Verbeek, 2008), la probabilidad de que la variable dependiente tome un valor de 1 será:

$$Pr(y=1/x) = Pr(y^* > 0/x) \quad (5.4)$$

Sustituyendo y reorganizando los términos:

$$Pr(y=1/x) = Pr(\varepsilon > -[\alpha + \beta_1 x]/x) \quad (5.5)$$

lo que demuestra que la probabilidad de ocurrencia de un evento no sólo depende de su relación con las variables independientes, sino también de la distribución del error de la variable latente. Esta distribución no es conocida, por lo que se ha de recurrir a alguna distribución teórica para calcular el modelo.

⁴ En Escobar *et al.*, 2009; págs. 369-376

Según Cooper *et al.* (2001), la función de distribución toma la forma logística de dos parámetros, por lo que al incluir el conjunto de variables independientes se tendrá:

$$G(C, \theta) = [1 + e^{\alpha - \beta k}]^{-1} \quad (5.6)$$

esta función, que es continua y exponencial, puede transformarse tomando logaritmos neperianos (ln) en una función lineal.

Si:

$$1 - G(C, \theta) = \frac{e^{\alpha - \beta k}}{1 + e^{\alpha - \beta k}} \quad (5.7)$$

al operar

$$g_i = \ln \frac{G(C, \theta)}{1 - G(C, \theta)} = \ln \left(\frac{\frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta k}}}{\frac{e^{\alpha - \beta k}}{1 + e^{\alpha - \beta k}}} \right) = \ln \left(\frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta k}} \right) = -(\alpha - \beta k) \quad (5.8)$$

se obtiene el modelo lineal especificado con anterioridad. La variable g representa, en escala logarítmica, la diferencia entre las probabilidades de pertenecer a ambas poblaciones y al ser una función lineal de las variables explicativas, facilita la estimación y la interpretación del modelo.

El segundo enfoque permite aclarar los modelos de elección discreta bajo la teoría de la utilidad aleatoria, de manera que la alternativa seleccionada será la que maximice la utilidad esperada. Bajo este enfoque, un individuo elige entre dos alternativas excluyentes (“1” o “0”) al maximizar la utilidad esperada que le proporciona cada una de estas alternativas; el individuo “*i-ésimo*” elegirá en función de que la utilidad proporcionada por dicha decisión sea superior a la de su complementaria.

En este enfoque el modelo logístico es la transformación de la variable dependiente dicotómica en una función de probabilidad no lineal. Esta justificación no requiere de la existencia de variables latentes, ya que deriva de la transformación del modelo de regresión mediante el concepto de cocientes de razón, como se muestra a continuación.

Debido a que los procesos de elección se pueden representar mediante los valores de 1 o 0, al utilizar la regresión lineal estándar los valores predichos de la variable dependiente pueden ser mayores que 1 o menores que 0 y el modelo de probabilidad sería:

$$Pr(y=1|x) = X\beta + \varepsilon \quad (5.9)$$

En esta ecuación, para limitar los valores del rango entre 0 y 1, las probabilidades se convierten en razones dividiendo la probabilidad de ocurrencia entre la probabilidad de no ocurrencia.

$$\Omega(x) = \frac{Pr(y=1|x)}{Pr(y=0|x)} = \frac{Pr(y=1|x)}{1 - Pr(y=1|x)} \quad (5.10)$$

En este caso la razón es la proporción entre la probabilidad de ocurrencia del suceso y la probabilidad de no ocurrencia. La razón varía entre 0, cuando la ocurrencia del suceso es nula, a $+\infty$ cuando la probabilidad de ocurrencia es 1 y de la no ocurrencia es 0. Para conseguir una variación entre $-\infty$ a $+\infty$, se recurre al logaritmo neperiano de la razón: si éste es negativo, la razón es menor a 1 y cuando el logaritmo es positivo la razón es mayor que la unidad. A este logaritmo es al que se denomina logit, y es el que se utiliza como variable dependiente en la regresión:

$$\ln \Omega(x) = \ln \frac{\text{Pr}(y=1|x)}{1-\text{Pr}(y=1|x)} = x\beta \quad (5.11)$$

El planteamiento hace que la interpretación del modelo sea compleja; aparte de sus signos, los coeficientes de los modelos de elección binaria no son fáciles de interpretar directamente pues no expresan de manera directa la relación entre variables, sino la relación entre la variable independiente y el logaritmo de la razón de ocurrencia de un determinado suceso. En todos los casos, sin embargo, el signo del efecto de un cambio en x se corresponde con el signo de su coeficiente de β .

Para la interpretación es necesario transformar el logit, lo que se hace de dos maneras distintas: eliminando los logaritmos para que la ecuación se exprese en razones y los coeficientes señalen la variación que las variables independientes producen en la razón de ocurrencia. La segunda, más fácil de interpretar, es transformando la ecuación para que exprese directamente las probabilidades de ocurrencia.

Los coeficientes que se obtienen después de eliminar el logaritmo indican cómo varía la variable dependiente cuando se produce un cambio unitario en la variable independiente. Este coeficiente, denominado cociente de razón, expresa en qué medida se multiplica la razón de la variable dependiente cuando la independiente aumenta en uno; el efecto, en este caso, mide una tasa de cambio en donde un cociente de razón mayor a 1 indica que el efecto de la variable independiente es positivo (aumenta la razón de ocurrencia), un cociente menor a 1 indica un efecto negativo (reduce la razón) y si es igual a 1 no existe efecto.

En general se puede concluir que los objetivos del modelo de regresión logística son principalmente tres:

- i. determinar la existencia o ausencia de relación entre una o más variables independientes (x) y una variable dependiente dicotómica (y) que sólo admite dos categorías para definir opciones mutuamente excluyentes. Las variables independientes pueden ser cualitativas binarias (género) o categóricas (niveles educativos), y cuantitativas o continuas (edad en años);
- ii. medir el signo de dicha relación, en caso de que exista; y
- iii. estimar o predecir la probabilidad de que se produzca el suceso o acontecimiento definido como “ $Y = 1$ ” en función de los valores que adoptan las variables independientes.

Para estimar los parámetros β del modelo de regresión, quizás el método más popular sea el de máxima verosimilitud. Este método calcula los valores de los parámetros que con mayor probabilidad pueden generar los valores de la variable dependiente; así, mediante un proceso iterativo, se prueban distintos valores hasta encontrar los coeficientes que más verosímilmente corresponden a los valores de la muestra. Los principales supuestos del método son:

- La muestra es aleatoria y corresponde a la misma población, además de que hay independencia de selección en selección.
- Con excepción del θ , que es el estimador de máxima verosimilitud de la característica poblacional, se conoce la función de distribución de la población.

Si cada x_i se supone con distribución $f(x_i, \theta)$, al ser independientes la función conjunta de todas las x_i es:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \prod_n f(x_i, \theta) \quad (5.12)$$

Para simplificar el cómputo, no se maximiza directamente la función de verosimilitud, sino su logaritmo (*log likelihood*), valor que aparece en las salidas de los programas estadístico que son utilizados para resolver el modelo de regresión. El proceso consiste en encontrar $\hat{\theta}$ tal que g sea máximo; como el logaritmo de una función es creciente en x , maximizando la función g o su logaritmo se obtiene el mismo resultado:

$$\ln g = \ln g(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = \sum_n \ln f(x_i, \theta) \quad (5.13)$$

Finalmente, para seleccionar el modelo de utilidad con las variables explicativas que mejor estiman la probabilidad de respuesta a la pregunta de valoración, en la regresión logística se verifica el ajuste y significancia del modelo a partir de pruebas como el estadístico razón de verosimilitud, el criterio de Akaike (AIC), el logaritmo de la función de verosimilitud, el porcentaje de predicciones correctas, etc. A menudo, estas medidas de bondad de ajuste se basan, implícita o explícitamente, en la comparación con un modelo que sólo contiene una constante como variable explicativa, de manera que cuanto mayor sea la diferencia entre los valores de la verosimilitud, más añade el modelo extendido al inicial. En la actualidad, para llevar a cabo la implementación de estos modelos y realizar las pruebas mencionadas se recurre a programas econométricos como LIMDEP o STATA, entre otros.

5.4.1.1 El modelo logístico en el formato de pregunta OOHB

Si se tienen en consideración las combinaciones de respuestas que se pueden obtener en el formato de pregunta OOHB (ver Tabla 5.6), la función logarítmica que se utiliza para estimar el logaritmo de la probabilidad de la ocurrencia del evento se puede escribir de la siguiente manera:

$$\ln L^{OOHB}(\theta) = \sum_{i=1}^N \{d_i^s \ln[1 - G(Of^{Máx}; \theta)] + d_i^{sn-ns} \ln[G(Of^{Máx}; \theta) - G(Of^{Mín}; \theta)] + d_i^n \ln[G(Of^{Mín}; \theta)]\} = \sum_{i=1}^N \left\{ d_i^s \ln \left[1 - \frac{1}{1+e^{\alpha-\beta Of^{Máx}}} \right] + d_i^{sn-ns} \ln \left[\frac{1}{1+e^{\alpha-\beta Of^{Máx}}} - \frac{1}{1+e^{\alpha-\beta Of^{Mín}}} \right] + d_i^n \ln \left[\frac{1}{1+e^{\alpha-\beta Of^{Mín}}} \right] \right\} \quad (5.14)$$

La función de verosimilitud, al ser maximizada, proporciona la información necesaria para estimar la DAP por mejorar las condiciones acústicas de la vivienda, así como los coeficientes de las variables explicativas. El proceso consiste en programar la función para maximizarla y así encontrar los parámetros del modelo; en esta función $d_i^s, d_i^{ss}, d_i^{sn}, d_i^{ns}, d_i^{nn}$ y d_i^n son variables indicadoras que toman el valor de 1 o 0 dependiendo del caso relevante para cada individuo, es decir, cómo contribuye este individuo en cada una de las probabilidades de ocurrencia que se pueden presentar: respuesta positiva a la oferta máxima, positiva sólo a la oferta mínima o negativa a pagar las cantidades ofertadas.

Sin embargo, ya que se está modelando un proceso de elección dicotómica en donde se acepta o rechaza realizar el pago de una cantidad determinada, las respuestas a las preguntas de valoración pueden ser codificadas de la siguiente manera: si la respuesta del encuestado a la última oferta presentada es positiva se le clasifica como 1, mientras que si la rechaza, la respuesta se indica como 0. Sin programar la función de verosimilitud anterior (ecuación 5.13), pero estimando el modelo logit habitual para variables dicotómicas (ecuación 5.10) se puede generar la información necesaria para estimar la DAP media de la población; los resultados se obtienen usando solamente los datos de la segunda pregunta, y en aquellas observaciones donde no se tiene una segunda respuesta por haber terminado el proceso en la primera pregunta, usando las respuestas de ésta. Así, introduciendo solamente las respuestas finales como variable dependiente (López-Feldman, 2012), se puede realizar la estimación a partir del modelo logit.

5.4.2 El modelo logístico ordinal

Por el formato de pregunta elegido para obtener la DAP, las respuestas de los encuestados también pueden ser identificadas en tres grupos:

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

Codificando de esta manera las posibles alternativas no se estaría considerando la diferencia entre ($j+1$) y ($j+2$) como la existente entre 1 y 2, ya que los números utilizados en la codificación solo representan un orden dentro de una clasificación. Para Escobar *et 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.

Ya que la especificación del formato OOHB no corresponde directamente a un modelo logit, y asumiendo que la DAP individual pueden asociarse a una oferta ordenada en el conjunto de alternativas, se recurre

al modelo de regresión logística ordinal para estimar la DAP media de la población y relacionarle con las variables que la explican (*Ibid.*; Verbeek, 2008).

La formulación general del modelo logit ordinal es:

$$\begin{aligned}
 Pr(y=1/x_i) &= \Lambda(-\beta'x_i) \\
 Pr(y=2/x_i) &= \Lambda(\mu_1 - \beta'x_i) - \Lambda(-\beta'x_i) \\
 Pr(y=3/x_i) &= \Lambda(\mu_2 - \beta'x_i) - \Lambda(\mu_1 - \beta'x_i) \\
 &\dots \\
 Pr(y=(J-1)/x_i) &= 1 - \Lambda(\mu_{(J-2)} - \beta'x_i)
 \end{aligned}
 \tag{5.15}$$

donde $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{(J-2)}$ son parámetros que representan los valores de los puntos de corte (umbrales) de cada opción presentada y que se estiman a la vez que β , mientras que $\Lambda(\beta'x_i)$ representa la función de distribución logística. En esta expresión, para que todas las probabilidades sean positivas, se debe cumplir:

$$0 < \mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_{(J-2)} \tag{5.16}$$

Al igual que en el modelo logit pero utilizando las probabilidades anteriores, la estimación se realiza por máxima verosimilitud.

El resultado del modelo ordinal también es similar al del logit, excepto en una cosa: no aparece la constante y en su lugar lo hacen nuevos coeficientes llamados “cut” que corresponden a los valores umbrales de la variable latente (Baum, 2006; Verbeek, 2008; Escobar *et al.*, 2009). La interpretación de estos puntos de corte es casi idéntica a la de la constante de una regresión logística binaria: representan las probabilidades acumuladas de ocurrencia de las categorías inferiores de la variable dependiente (la última categoría no se incluye pues la probabilidad acumulada en ese caso es 1) cuando todas las variables independiente del modelo valen 0, expresadas en términos de logaritmos de sus cocientes de razón (*odds ratio*). Los coeficientes β también se analizan en términos del modelo de variables latentes, o de los efectos sobre las probabilidades, considerando que se obtendrán tantas como categorías tenga la variable dependiente.

Lo anterior se puede demostrar cuando se utilizan las mismas variables en ambos modelos: los resultados del ordinal son iguales a los obtenidos con un modelo logit, con la diferencia en que la constante se transforma en un punto de corte, “*manteniendo el mismo valor pero cambiando de signo debido a la diferente parametrización*” (Escobar *et al.*, 2009).

5.4.3 Estimación de la medida de agregación: la media de la DAP

Además de calcular los parámetros de las variables que ayudan a explicar la elección realizada por los encuestados (información que por sí misma es relevante), es fundamental determinar la cantidad que

estaría dispuesta a pagar la media de la población para reducir los niveles de ruido en las viviendas de nueva planta.

Inicialmente, para efectuar esta estimación, se asume que la DAP individual puede ser modelada con la siguiente función:

$$DAP_i(x_i, u_i) = x_i\beta + \varepsilon_i \quad (5.17)$$

donde x_i es el vector de variables explicativas, que al menos incluye la cantidad en euros por la que se pregunta la disposición a pagar (también se pueden incluir las respuestas a las preguntas de actitud o de tipo socio-demográfico), β representa el conjunto de coeficientes que serán estimados y ε_i es el término del error.

En el modelo de la ecuación 5.17, un individuo contestará afirmativamente cuando su DAP sea igual o mayor que la cantidad ofertada. Según Osorio y Correa (2009) si la variación en la utilidad es cero, el individuo mostrará indiferencia entre pagar por mejorar su nivel de bienestar (habitar una vivienda que le proporciona mayor aislamiento acústico), o no hacerlo y percibir la utilidad inicial (continuar con el mismo nivel de ruido). 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; a esta medida se le conoce como la media de la DAP.

Ya que para estimar la función de distribución se consideró que la forma funcional de la utilidad es lineal, se tiene que su variación es igual a:

$$\Delta V(\bullet) = (\alpha_1 + \beta(Y-DAP)) - (\alpha_0 + \beta Y) = 0 \quad (5.18)$$

donde Y es el ingreso del individuo. Despejando la DAP y definiendo $\alpha_1 - \alpha_0 = \alpha$, la media de la DAP es igual a:

$$DAP_{Media} = \alpha/\beta \quad (5.19)$$

En la fórmula, β es el coeficiente estimado de la oferta y α es la constante (si no se incluyen otras variables independientes además de la oferta) o la gran constante, calculada como la suma de la constante más el producto de otras variables independientes por sus valores medios (Loomis *et al.*, 2000; López-Feldman. 2010). De aquí se desprende que hay diferentes maneras de estimar la DAP en función de los valores que se dan al vector (x_i): se puede evaluar para cada individuo, para individuos con ciertas características o utilizando el promedio de las variables explicativas.

Hanemann (1989) demostró que la expresión anterior puede ser utilizada para estimar el valor de la DAP cuando se espera que ésta sea mayor o igual a cero, como es lógico que suceda con una mejora. Utilizando diversos modelos de utilidad y planteamientos matemáticos, concluye que la fórmula ayuda a clarificar que la verdadera DAP del individuo, vista como una variable aleatoria, puede tomar valores negativos pero su media ser positiva; deduce que las versiones logit de los modelos de utilidad permiten

estimar la DAP con independencia del signo de α , ya que aun siendo negativa esto no es condición necesaria ni suficiente para que la DAP lo sea.

En este caso, la ecuación 5.19 representa la cantidad máxima de dinero que el individuo característico está dispuesto a pagar por una reducción de 7 dB(A) en el nivel de ruido aéreo que procede del exterior de la vivienda que potencialmente puede habitar.

5.5 Regla de decisión y medio de pago

La regla de decisión no se discute pues la investigación se inició cuando el cambio normativo estaba aprobado, mientras que el medio de pago queda implícito en el sobrecoste que se ha de pagar por las viviendas que sean construidas con los parámetros indicados en el DB-HR. Adicionalmente, por la actual crisis inmobiliaria y la negativa de la población de adquirir vivienda en espera de la futura reducción del precio, se decidió utilizar el alquiler como método para extraer la DAP por las viviendas mejor aisladas.

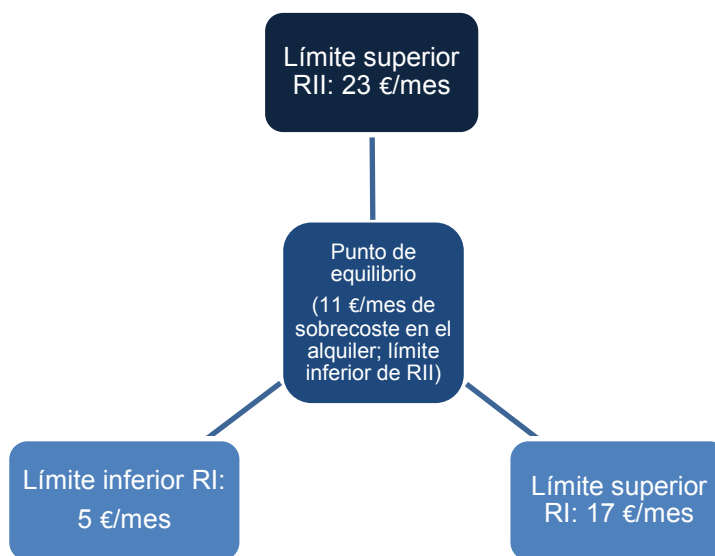
De esta manera, ya que el alquiler mensual de la vivienda tendría que aumentarse para compensar el sobrecoste del mejor aislamiento, la cuestión estriba en saber si los usuarios de vivienda libre plurifamiliar nueva están dispuestos a pagar un incremento equivalente. Si la respuesta obtenida es positiva, los sobrecostes derivados del cambio normativo quedan compensados con el sobrevalor de la vivienda y por tanto la implementación del CTE, en este respecto, es perfectamente viable.

Metodológicamente fue necesario definir las ofertas que se presentaron en la encuesta, aun cuando el medio de pago estaba definido. Dichas ofertas se basan tanto en la estimación monetaria de los sobrecostes en los que se incurre para incrementar el aislamiento de la vivienda, como en los resultados de pretest y otras estimaciones realizadas con anterioridad. El diseño presenta dos rangos distintos partiendo de la consideración de que no todas las ofertas deberían ser superiores al punto de equilibrio (estimado aproximadamente en 11 €, tal como se justifica en el siguiente capítulo), pues de esta manera se estaría induciendo a que siempre que existiese una respuesta positiva, la DAP lo superara.

Por otra parte, al analizar la información del monto de los alquileres que se pagan en Barcelona, no se creyó pertinente utilizar cantidades muy reducidas pues podrían resultar poco creíbles o producir un efecto de anclaje (los incrementos presentados no son proporcionales al cambio en la calidad acústica de la vivienda que se ofrece). Por ello el límite inferior de cada rango se estableció en 5 euros y 11 euros respectivamente.

En cuanto a los límites superiores, éstos se fijaron observando la distancia entre el punto de equilibrio y el límite inferior del primer rango: si entre ellos existe una diferencia de seis euros, se consideró pertinente conservar esta distancia con respecto al límite superior, generando una diferencia total de 12 euros entre los extremos de cada rango (Ilustración 5.6). Para fijar estos límites también se consideró que de incluir ofertas muy elevadas se podría propiciar un rechazo que se manifestase en forma de protesta.

Ilustración 5.6 Límites en los rangos de las ofertas



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior se prepararon cuatro tipos de encuesta: A-1, A-2, B-1 y B-2. Las encuestas tipo “A” incluyen el rango R-I de incremento (5 a 17 €/mes en el alquiler) y la tipo “B” el rango R-II (incremento de 11 a 23 €/mes). Los dígitos “1” y “2” que siguen a la letra identificadora sirven para diferenciar la oferta inicial que se presentó a los participantes: para las encuestas “1”, la oferta de salida es la mínima de cada rango (5 u 11 €), mientras que en las encuestas “2” la oferta inicial es la máxima (17 o 23 €).

5.6 Cálculo de la muestra y determinación del sitio de aplicación

Para determinar la población a quién dirigir el estudio y el sitio de aplicación de la encuesta, se partió de que aun cuando el silencio es un bien público del que no se puede excluir a nadie, su valoración se realizaría a través de un bien privado, en este caso la vivienda. En cuanto a la estratificación de la muestra, ésta se realizó en función de las características sociodemográficas de la población.

En el cálculo del tamaño muestral (n) se supuso una población infinita, pues la ciudad de Barcelona tiene más de 100.000 habitantes; el muestreo fue de tipo no probabilístico y de conveniencia. El margen de error y el nivel de confianza que se consideraron inicialmente fueron del 5% y 95%, respectivamente.

5.6.1 Sitio de aplicación: estrategia residencial y oferta de vivienda

Para definir el sitio de aplicación de la encuesta, inicialmente se analizó la evolución de la construcción de vivienda en Barcelona en años recientes y la estrategia residencial de la población. Esta última se define como el conjunto de decisiones relacionadas con el cambio de residencia que se adoptan en momentos y en ubicaciones espaciales determinados.

Según el *Llibre Blanc de L'Habitatge a Barcelona*⁵, las estrategias residenciales de la población se fundamentan a partir de tres ejes: a) la edad en la que se cambia de vivienda, b) la relación entre la movilidad residencial y la dificultad de acceso a la vivienda, y c) la relación entre la movilidad residencial y las características de la vivienda. En el documento se concluye que la estrategia residencial preferente de los barceloneses es permanecer en la propia ciudad, y más concretamente en el mismo barrio; aunque no siempre se acabe consolidando. Además, el cambio parece responder a una preferencia o deseo de las familias por vivir en una vivienda mejor y en un entorno de mayor calidad, a precios similares a los de la vivienda que habitan.

Teniendo en cuenta esta información y el análisis estadístico-espacial que previamente se realizó, se eligió al distrito de Sant Martí como principal sitio de aplicación de la encuesta.

5.6.2 Perfil de los posibles demandantes

El *Llibre Blanc de L'Habitatge a Barcelona*⁶ señala que la población de este municipio cambia de vivienda mayoritariamente entre los 18 y los 44 años; sin embargo, en años recientes la tendencia se ha modificado principalmente por el retraso en la emancipación de los jóvenes. La tasa de emancipación de la población comprendida entre los 18 y los 24 años se ha reducido de manera importante, pasando del 12,4% en 1985 al 7,7% en el 2000, posiblemente por el alargamiento del período escolar y el retraso en la incorporación al mercado laboral.

En cuanto al grupo comprendido entre los 25 y 34 años, la tasa de emancipación también disminuyó al pasar del 74,1% en 1985 al 51% en el 2000 (*ibíd.*), aun cuando en el año 2006 volvió a situarse por encima del 60% (Ajuntament de Barcelona, 2008-b). Para este grupo, las causas que afectaban la emancipación parecían estar relacionadas con la temporalidad o la precariedad laboral; los ingresos que la condicionaban fueron fijados en 1.500 €/mensuales, pues a partir de este límite estaban mayoritariamente emancipados. El 51,5% de la población activa de este grupo de edad declaró tener ingresos inferiores a 840 €/mes y la mitad de los jóvenes emancipados expresó pagar más del 40% de sus ingresos en concepto de gasto mensual en vivienda (propiedad o alquiler).

Además, la población de esta edad que preveía emanciparse dejó de tener como principal motivo la formación de una pareja, lo que se reflejó en las tipologías de los hogares, aumentando en esos momentos los unipersonales o sin parentesco. Como consecuencia, disminuyó la capacidad de compartir gastos, y en segundo lugar, aumentó la demanda de vivienda en alquiler.

Para la población en general, la Generalitat de Catalunya (2008) presenta las siguientes características de los demandantes de viviendas de alquiler (Tabla 5.7):

⁵ Ajuntament de Barcelona (2007)

⁶ *Ibíd.*

Tabla 5.7 Características del solicitante de alquiler en el área de Barcelona

Edad	Situación laboral	Ingresos (euros/fam/mes)
Menos de 25 años	Empresario	Sin ingresos
De 26 a 35 años	Autónomo	Menos de 600
De 36 a 45 años	Trabajador asal.	De 600 a 1202
De 46 a 55 años	Estudiante	De 1202 a 1803
De 56 a 65 años	Parado	De 1803 a 2404
Más de 65 años	Jubilado	De 2404 a 3005
	Otro	Más de 3005
Total	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia a partir de Generalitat de Catalunya (2008)

Para el 2007, la demanda provenía mayoritariamente de gente joven: las personas de menos de 35 años suponían el segmento más importante (65,9% en la ciudad). Sin embargo, a diferencia de los años precedentes, se registró un menor porcentaje de demandantes menores de 25 años a favor del segmento de 26 a 45 años; también se incrementaron los porcentajes de personas por encima de los 45 años que participaban en el mercado, apreciándose un cierto envejecimiento entre los demandantes.

La mayoría de estos solicitantes eran asalariados que trabajaban para otra persona (68,3%), y la moda de los ingresos familiares mensuales estaba en el rango de los 1200 a los 1800 € (26,2%), seguido por el rango de los 1800 a los 2400 €; en el 45,8% de los casos, estos ingresos se generaron por la aportación de dos personas. La gran mayoría (76,7%) declaró poder satisfacer un alquiler máximo que se ubicaba entre 480 y 850 €/mensuales; más concretamente, el 47,3% de los potenciales inquilinos afirmaba poder hacer frente a un arrendamiento entre los 600 y los 850 €, mientras que el 29,4% afirmó poder pagar un arrendamiento entre 480 y 600 €.

5.6.3 Accesibilidad a la vivienda

A manera de conclusión, la población de 18 a 24 años cambia cada vez menos de vivienda, mientras que la población de 25 a 44 años es la que más lo hace. En estos grupos de edad se concentra la mayor parte de la movilidad residencial de la población, ya que al avanzar en el ciclo vital los cambios son menos frecuentes; en estos casos, los ingresos que probablemente condicionaban la estrategia residencial fueron fijados en 1.500 € mensuales. Por otra parte, cuando se decide cambiar de vivienda, el porcentaje de alquiler ha presentado un incremento importante, probablemente como reflejo de los cambios sociales y laborales que se viven en los últimos años.

En retrospectiva, esta información viene a confirmar el planteamiento de presentar el hipotético cambio de vivienda bajo el régimen de alquiler: También se desprende que la muestra debe estar conformada mayoritariamente por adultos menores de 50 años, ya que tienen más posibilidades de estar integrados a las actividades productivas y en consecuencia contar con los ingresos económicos que les permitan participar de manera activa en el mercado residencial de nueva planta.

5.6.4 Tamaño de la muestra

El cálculo de la muestra se realizó teniendo en consideración tanto la cantidad de viviendas edificadas en las últimas dos décadas en el distrito de Sant Martí, como el número de personas que potencialmente las habitarían. Con estos dos criterios, la población objetivo se definió en función de la demanda (potenciales inquilinos de vivienda nueva) y la oferta (número de viviendas construidas entre el 2001 y 2011) del mercado residencial en potencial alquiler. Con la información del censo y del padrón, para un nivel de confianza del 95% y un porcentaje de error del 5%, el tamaño de la muestra es el siguiente:

Tamaño de la muestra considerando la demanda potencial

Total de personas en 2001	207,478
Personas que alquilaban vivienda	36,280
Personas que alquilaban y vivían en viviendas construidas entre 1995 y el 2000	1,225
Población en el 2011 (distrito de Sant Martí)	231,158
Potenciales inquilinos	40,421
Potenciales inquilinos de viviendas nuevas	1,365

Tamaño de la muestra N= 300

Según la Secretaria d'Habitatge de la Generalitat de Catalunya (Ajuntament de Barcelona, 2011), en Barcelona se acabaron 35.273 viviendas entre el 2001 y 2011, de las que 10.819 (30,7%) se ubicaron en el distrito de Sant Martí.

Tamaño de la muestra considerando la vivienda construida

Total de viviendas construidas entre 1981 y el 2001	15,816
Viviendas construidas entre 1991 y el 2001 que estaban en alquiler	1,782
% viviendas construidas entre 1981 y el 2001 en alquiler	11.3%
Viviendas construidas entre el 2001 y el 2011 en Sant Martí	10,819
% de viviendas construidas entre el año 2001 y 2011 potencialmente alquiladas	1,219

Tamaño de la muestra N= 292

En ambos casos la muestra fue de aproximadamente 300 encuestas, número que se adoptó como tamaño muestral.

5.6.5 Método de aplicación

La encuesta fue diseñada para aplicarse de manera personal. El principal factor para determinar el medio de administración fue el escenario de valoración: se consideró que de suministrarle por otros medios no existiría ningún control en el uso de la simulación acústica, generando sesgos importantes en los resultados. Otros factores también relevantes fueron la baja tasa de respuesta que suele obtenerse

cuando el cuestionario se envía por correo o se aplica telefónicamente, incrementando con ello el tamaño muestral y el tiempo de respuesta.

5.7 Validación

Antes de aplicar la encuesta a la muestra se realizaron pruebas ante grupos focales con el objeto de evaluar la precisión con la que se transmite la definición del bien, la comprensión del mismo y la neutralidad del planteamiento.

Inicialmente se presentó un borrador a los participantes del seminario de investigación del Máster en Gestión y Valoración Urbana. Se realizó una prueba de concepto y se presentaron segmentos de las grabaciones del ruido efectuadas en la calle de Córcega con el fin de seleccionar el que mejor representase las condiciones acústicas que interesaban mostrar en el escenario de valoración; adicionalmente, como parte de este escenario se formuló una ficha informativa con las principales características de la vivienda típica.

En esta etapa se recibieron comentarios de los que surgieron cambios tanto en la redacción y terminología empleada, como en las características de la ficha (Ilustración 5.7).

Ilustración 5.7 Ficha técnica provisional

FICHA ANEXA:



- Superficie aproximada de 80 m²
- Tres habitaciones
- Fachada de obra vista
- Carpintería exterior de aluminio lacado
- Pavimentos cerámicos y parquet
- Pintura plástica lisa en paredes y techos
- Posible ubicación: Barrio de Poble nou, en el distrito de Sant Martí

Alquiler mensual aproximado: 1100 €/mes (14 €/m²)



Ficha: Elaboración propia

Posteriormente se efectuó una prueba piloto en un segmento de la muestra. De esta aproximación se concluyó que existe una negativa a expresar su DAP cuando el escenario de valoración no aporta elementos objetivos (el rechazo se atribuyó a que en estas encuestas no se utilizó la simulación acústica), o cuando no se dan incentivos adecuados para la valoración (no se indicaba una oferta de salida y se presentaba la ficha informativa con imágenes de un piso muestra que desviaba la atención del objeto de valoración). Se observó que el interés de los encuestados en el tema no parecía ser alto, a pesar de que al final daban importancia a tener un buen aislamiento acústico en la vivienda.

Para la redacción final se tomaron las siguientes medidas: ya que el efecto que producía la ficha era desviar la atención en el objeto de la investigación y generar rechazo, se eliminó y se incluyó un escenario fidedigno para facilitar la valoración del ruido y no otras variables del mercado residencial. Asimismo se incluyeron los rangos con las ofertas asociadas a los sobrecostos de los elementos constructivos que se producen cuando se incrementa el aislamiento acústico de la vivienda. En aspectos formales, se redujo el número de preguntas y se hicieron adecuaciones terminológicas.

5.8 Generalidades de la encuesta

La encuesta final permite obtener información relativa al impacto del ruido aéreo y suministra una aproximación de su coste económico a través de la implementación de sistemas de aislamiento acústico más exigentes. El enunciado de la parte central busca describir, con la máxima claridad y concreción posible, los diferentes elementos del mercado hipotético del control del ruido en la vivienda, procurando que su planteamiento se aproxime lo más posible a los escenarios de los mercados reales.

La encuesta consta de los siguientes apartados:

- Parte introductoria. En ella se contextualizan la percepción que se tiene sobre el ruido, sus efectos en las personas y su control en el interior de la vivienda. Tienen especial importancia los estudios psicosociales del ruido ambiental y de los paisajes sonoros, como los realizados por López Barrios (1998), Herranz *et al.* (1999), Martimortugués (2003) o Daumal y Gortari (2006), ya que en ellos se analiza la relación entre sensibilidad y molestia percibida.
- Descripción del bien que se valorar y presentación del escenario. Aquí se familiariza al encuestado con el escenario de evaluación, procurando que la presentación del bien sea creíble, realista y de fácil comprensión. Como medio principal para representar la variación en las condiciones de aislamiento se incluye la simulación acústica de un recinto protegido de la vivienda típica, de manera que se pueda establecer una relación entre la percepción individual y la contribución al bienestar que tiene la nueva normativa. Dado que la percepción es compleja, además de que no es posible asumir que exista un conocimiento homogéneo del objeto de estudio, con la formulación de este escenario se espera que disminuya la heterogeneidad en la información que la población tiene sobre el control del ruido en la vivienda. La simulación

también facilita la definición de los siguientes elementos: cantidad del bien, forma de provisión, método de pago y vehículo de pago.

- Sección donde se recoge información sociodemográfica de la muestra, ya que la máxima DAP del encuestado puede ser una función de estas variables (Cooper *et al.*, 2001).

La estructura es la siguiente: en las cinco preguntas iniciales se captura la percepción del ruido urbano, se indaga sobre la importancia relativa de las diferentes fuentes de ruido aéreo, tanto exteriores como interiores a las edificaciones y finalmente se pregunta por la importancia que tiene el entorno sonoro para las personas cuando se contemplan la elección de un sitio para vivir. En este bloque se insiste repetidamente que la valoración de la molestia debe hacer en el ámbito de la vivienda, pues en él se centra el estudio. Con excepción de la pregunta inicial que es dicotómica, las cuatro restantes se miden con una escala de Likert de cinco puntos (también se incluyó la opción “no sabe/no contesta”).

La sexta pregunta es la fundamental de la encuesta, pues en ella se presenta el objeto de valoración y se pregunta la DAP por el control del ruido en la vivienda, tal como se oferta en la simulación acústica. La redacción es la siguiente:

Con el uso de nuevos sistemas constructivos se podría modificar el nivel de aislamiento y reducir el ruido que se percibe dentro de su vivienda, con independencia de que éste provenga de la calle o de los vecinos.

A continuación escuchará dos grabaciones del mismo sonido exterior, hechas dentro de dos viviendas que solo difieren en su nivel de aislamiento. Las grabaciones se hicieron estando las ventanas cerradas (se colocan los audífonos y se reproduce la grabación que simula el aislamiento de las viviendas).

Según nuestras estimaciones modificar el aislamiento tendría un sobrecoste que se podría reflejar en un incremento de “X₁” a “X₂” euros al mes en los precios de alquiler.

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda B ¿estaría dispuesto/a a pagar “X₂” euros al mes de más por el hecho de que esta vivienda tiene más aislamiento?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es negativa: ¿Y “X₁” euros más al mes?

SI: _____ NO: _____

A continuación, en el caso de que la respuesta a la pregunta de valoración fuese negativa, la pregunta siete permite identificar las respuestas de protesta de los ceros “reales”. Además de la opción “no sabe/no contesta”, en ella se incluyen siete posibles respuestas más una opción abierta para que el encuestado explique, si así lo desea, el motivo de su negativa. Las tres primeras posibilidades identifican los ceros reales, es decir aquellas personas para las que el control del ruido en la vivienda no es relevante, mientras que las siguientes clasifican a las personas que aun considerando importante la

reducción de ruido, muestran una negativa a pagar como manifestación de desacuerdo con factores externos al objeto de la investigación.

El bloque final de la encuesta recoge información socioeconómica sobre diferentes aspectos que pueden influir tanto en la forma que el encuestado percibe el ruido, como en la DAP expresada. El formato de recolección de la información en estas preguntas fue a través de rangos. En este grupo también se incluye una pregunta de sensibilidad, con formato dicotómico, en la que se indaga sobre las adecuaciones realizadas en la vivienda para reducir el ruido; la pregunta es importante para entender si el entorno sonoro tiene un papel relevante para las personas cuando se contempla la elección de un sitio para vivir.

Finalmente, con la versión definitiva del cuestionario y ante la posibilidad de que los aplicadores hablaran el catalán con fluidez, se prepararon versiones en castellano y catalán de los cuatro tipos de encuestas (Ver Anexo 3).

5.9 Aplicación

Esta labor estuvo apoyada por seis alumnos del seminario de investigación del Máster en Gestión y Valoración Urbana que imparte la UPC. Los encuestadores fueron capacitados para cuidar que las condiciones de recolección de la información fueran las apropiadas, tarea que se vio reforzada desde el momento en que este grupo analizó la encuesta en la etapa inicial.

Las encuestas previamente definidas como A-1, A-2, B-1 y B-2 se presentaron de manera aleatoria. Como se había establecido, el procedimiento para obtener la DAP consistió en hacer una oferta inicial, que de acuerdo al tipo de respuesta obtenido, pudo ser seguida por una segunda pregunta de valoración. Así, en una encuesta A-2, la pregunta de valoración es la siguiente:

Según nuestras estimaciones modificar el aislamiento tendría un sobre coste que se podría reflejar en un incremento de 5 a 17 euros al mes en los precios de alquiler.

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda B ¿estaría dispuesto/a a pagar 17 euros al mes de más por el hecho de que esta vivienda tiene más aislamiento?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es negativa: ¿Y 5 euros más al mes?

SI: _____ NO: _____

Atendiendo la información sobre a quién dirigir la encuesta, los lugares de aplicación fueron principalmente los barrios de Sant Martí y L'Eixample, pues se consideró que guardan alguna similitud en los niveles de ruido y en algunas características socio-económicas de la población. Los espacios seleccionados para ello fueron parques, colegios, mercados, calles principales, centros deportivos o culturales y todos aquellos que a consideración de los aplicadores fueran escenarios de reunión.

Durante la aplicación de la encuesta, y con el fin de presentar el escenario de valoración con la mayor fidelidad posible, se utilizó una grabadora PCM lineal, modelo LS-3 de la marca Olympus y audífonos con “cierre exterior” modelo DT 231 PRO de la marca Beyerdynamic. Previamente se determinó que en el caso que el encuestado rechazara escuchar la grabación el proceso debería ser suspendido y se recomendó que el sitio de aplicación no fuera excesivamente ruidoso pues podría interferir con el escenario e influir en las respuestas obtenidas.

5.10 Conclusiones

Debido a que la percepción es compleja y que no es posible asumir que exista un conocimiento homogéneo del objeto de estudio, fue necesario realizar un planteamiento metodológico que capturase, con la mayor precisión posible, el bienestar social que se alcanza con la implementación de la norma de control del ruido, en este caso el DB-HR. A pesar de que algunas personas están expuestas a niveles altos de ruido (lo que en algunos casos les ha llevado a tomar medidas de mitigación), no resulta sencillo expresar una mejora en las condiciones acústicas de las viviendas empleando un lenguaje técnico o a través de un medio gráfico.

La formulación de un escenario basado en la simulación acústica obedeció a la necesidad de disminuir la heterogeneidad que la población tiene sobre las prestaciones que debe proporcionar una vivienda acústicamente más eficiente. En ese sentido, uno de los atributos de la investigación fue presentar la simulación de una vivienda que cumple con dos distintos niveles de aislamiento; los resultados que se presentan a continuación muestran que esta herramienta, pese a que sólo representa una situación específica, facilita que las personas identifiquen el cambio y en consecuencia emitan una opinión al respecto.

Otro aspecto que también resulta relevante es la forma en que se obtiene la disposición a pagar individual y el procesamiento estadístico que se hace de esta información. Al momento de proporcionar incentivos adecuados, las personas son capaces de tomar decisiones que a la luz de los resultados, parecen ser racionales. En este caso, los métodos paramétricos utilizados proporcionan información que es comparable con el marco teórico, a la vez que permiten estimar los beneficios originados por el cambio normativo.

En general, los resultados que se presentan a continuación parecen indicar que el tema es de interés y que el planteamiento metodológico en general resultó adecuado, aunque el diseño de las ofertas debería incluir un mayor número de éstas.

Capítulo 6. Discusión y resultados

Este capítulo contiene la estimación de los sobrecostes para mejorar el aislamiento acústico de la vivienda típica y los resultados de la encuesta que permiten obtener la disposición media a pagar por esa vivienda mejor aislada. Se presenta un análisis descriptivo y la estimación de la DAP_{media} con las variables que la explican.

6.1 Estimación de los sobrecostes producidos por el aislamiento acústico

Es de esperar que la mejora de la calidad acústica de una edificación represente un incremento respecto a los costes habituales de cumplimiento de la NBE-CA-88; la cuantificación de dicho incremento es importante ya que supone un mayor coste en la ejecución de obra que finalmente repercute en el precio de venta o alquiler de la vivienda. Para poder concluir que el DB-HR es una norma pertinente, este sobrecoste tendrá que ser menor (o cuando más igual) que los beneficios expresados por los encuestados.

El proceso de estimación de los sobrecostes fue el siguiente: en la fase inicial se estudiaron las características tipológicas y locativas de la vivienda. La segunda fase incluyó el análisis acústico de la vivienda típica: se revisó el cumplimiento de la normativa vigente al momento de la construcción y se diseñó el tratamiento del aislamiento para prevenir las transmisiones del ruido aéreo bajo la nueva norma de edificación. La tercera fase, fundamental para realizar una evaluación económica, corresponde a la diferenciación de los costes de los sistemas constructivos habituales y los propuestos. Esta información se utilizó, junto a las mediciones acústicas *in situ*, para formular el escenario que se incluyó en la encuesta de valoración.

6.1.1 Características de la vivienda típica

La información estadística básica de las variables capturadas por el CPSV es la siguiente (Tabla 6.1 y Tabla 6.2):

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.1 Estadísticos básicos de las variables de la vivienda

Variable	Definición	Media	Des. típica
AMPL_PARCELA	Ancho de la parcela (m)	26,45	19,73
PROF_EDIF	Profundidad edificada (m)	18,24	6,74
RATIO	Relación amplitud parcela/prof. edificada	1,57	1,19
UTIL	Superficie útil construida (m ²)	77,38	26,09
CONST	Superficie construida (m ²)	92,61	31,14
RAT_CONST	Relación de sup. const./sup. útil	1,19	0,03
ESTAR-COMEDOR	Dimensión de la estancia principal (m ²)	23,73	11,12
ESTAR2	Dimensión de la estancia adicional (m ²)	0,52	2,71
CUINA	Dimensión de la cocina (m ²)	8,22	3,72
DORM_1	Dimensión del dormitorio principal (m ²)	12,39	2,89
DORM_2	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	7,84	3,65
DORM_3	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	4,27	4,41
DORM_4	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	0,98	2,80
BANY_1	Dimensión del baño principal (m ²)	4,92	1,02
BANY_2	Dimensión del baño adicional (m ²)	2,55	1,98
ASEO_1	Dimensión del aseo (m ²)	0,29	0,84
PASSADIS	Área de las circulaciones (m ²)	7,44	5,80
OTROS	Dimensiones de escaleras, armarios, etc. (m ²)	1,57	7,16
LAV_INT	Dimensión de área de lavado (m ²)	0,87	1,48
BALCONS	Área de los balcones (m ²)	8,13	18,58
PATI	Área del patio (m ²)	7,52	20,07
CAL_VIV	Calidad de la vivienda: 1. media-baja, 2. media, 3. media buena, 4. buena, 5. muy buena, 6. de lujo	4,10	1,09

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida del SPSS

Tabla 6.2 Frecuencia de las variables nominales

Variable	Definición	Frecuencia	%
TIPOLOGIA	Plurifamiliar	853	97,7
	Unifamiliar	20	2,3
JARDIN	No	577	66,1
	Sencillo	31	3,6
	Normal	128	14,7
	Bueno	137	15,7
PISCINA	No	684	79,0
	Comunitaria	171	19,7
	Particular	10	1,3
FACHADA	Pared de patio de 15 cm. pintada	3	0,3
	Otros sencillos	9	1,0
	Otros normal o bueno	115	13,2
	Bloc de hormigón gris	8	0,9
	Bloc hormigón color	75	8,6
	Aplanado (arrebosat) y pintado	121	13,9
	Estucado	116	13,6
	Obra vista sencilla	-	-
	Obra vista normal	96	11,0
	Obra vista buena	196	22,5
	Recubrimiento (aplacat) cerámico	31	3,6
	Piedra artificial	53	6,1
	Muro cortina	26	3,0
Mármol (marbre)	10	1,1	
Granito (garnitic)	14	1,6	
VENTILACION	Patio de luz	115	18,0
	Interior de manzana	711	81,4
	Calle	5	0,6

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Variable	Definición	Frecuencia	%
PAV_ESTAR (Tipo de recubrimiento en estancias)	Otros sencillos	3	0,3
	Terrazo 30x30	2	0,2
	Cerámica sencilla	5	0,6
	Cerámica de gres	16	1,8
	Parquet sencillo	415	47,5
	Parquet bueno	404	46,3
	Mármol	28	3,2
PAV_DOR (Tipo de recubrimiento en dormitorios)	Otros sencillos	3	0,3
	Terrazo 30x30	2	0,2
	Cerámica sencilla	5	0,6
	Cerámica de gres	23	2,6
	Parquet sencillo	411	47,1
	Parquet bueno	404	46,3
	Mármol	25	2,9
PAV_COC (Tipo de recubrimiento en cocina)	Otros buenos	3	0,3
	Terrazo 30 x 30	8	0,9
	Cerámica sencilla	221	25,3
	Cerámica de gres	437	50,1
	Cerámica antigua	1	0,1
	Cerámica extra	162	1,1
	Parquet sencillo	10	18,6
	Parquet bueno	8	0,9
	Mármol	17	1,9
CARPINTERIA (Tipo y calidad de la carpintería exterior)	De madera:		
	Sub estándar	3	0,3
	Sencilla	7	0,8
	Normal	128	14,7
	Buena	291	33,3
	Metálica/PVC:		
	Sencilla	79	9,0
	Normal	104	11,9
	Buena	223	25,5
CLIMATIZACION	Sin climatización	5	0,6
	Otros	7	0,8
	Radiadores	227	26,1
	Placas eléctricas	3	0,3
	Aire caliente	4	0,5
	Aire acondicionado (caliente- frio)	620	71,3
	Tierra radiante	4	0,5
TIPO_VIV (Tipo de vivienda)	Normal	785	90,6
	Ático	20	2,3
	Ático dúplex y dúplex	61	7,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida del SPSS

Preliminarmente, de esta información, se puede concluir que la tipología predominante es la plurifamiliar, la vivienda media tiene una superficie útil de aproximadamente 80 m², una parte de ellas no están orientadas directamente a la calle y sus fachadas pueden ser de obra vista sencilla.

Utilizando la técnica del análisis factorial y teniendo como guía el autovalor de 1, se extrajeron 11 componentes principales que explican el 66,4% de la varianza. La medición de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), sobre lo adecuado del muestreo fue de 0,523 muy cercano al mínimo recomendable de 0,5. Con éste número de factores principales, existen variables con valores bajos de comunalidad (menores a 0,5) y la identificación de cada elemento, en algunos casos, no es clara (Tabla 6.3).

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.3 Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% var.	% acu.	Total	% var.	% acu.	Total	% var.	% acu.
1	6,370	19,302	19,302	6,370	19,302	19,302	4,376	13,260	13,260
2	2,638	7,994	27,295	2,638	7,994	27,295	2,165	6,559	19,820
3	2,272	6,886	34,182	2,272	6,886	34,182	2,098	6,357	26,177
4	2,029	6,149	40,331	2,029	6,149	40,331	2,045	6,196	32,373
5	1,446	4,381	44,711	1,446	4,381	44,711	1,838	5,571	37,944
6	1,396	4,230	48,942	1,396	4,230	48,942	1,745	5,287	43,231
7	1,307	3,960	52,901	1,307	3,960	52,901	1,701	5,153	48,384
8	1,219	3,694	56,595	1,219	3,694	56,595	1,682	5,096	53,480
9	1,110	3,363	59,958	1,110	3,363	59,958	1,547	4,688	58,168
10	1,082	3,278	63,235	1,082	3,278	63,235	1,440	4,365	62,533
11	1,051	3,184	66,419	1,051	3,184	66,419	1,283	3,887	66,419
12	,982	2,975	69,395						
13	,911	2,762	72,156						
14	,856	2,595	74,751						
15	,792	2,400	77,151						
16	,768	2,328	79,479						
17	,748	2,265	81,744						
18	,715	2,166	83,910						
19	,653	1,978	85,888						
20	,616	1,865	87,753						
21	,601	1,822	89,575						
22	,530	1,606	91,180						
23	,510	1,544	92,725						
24	,464	1,407	94,132						
25	,451	1,368	95,500						
26	,405	1,227	96,727						
27	,359	1,086	97,813						
28	,323	,979	98,792						
29	,293	,888	99,680						
30	,052	,159	99,838						
31	,034	,103	99,941						
32	,019	,058	99,999						
33	,000	,001	100,000						

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

En un segundo modelo se procedió a eliminar las variables con bajos valores de comunalidad, con excepción de la variable "FACHADA" pues es una característica que influye de manera importante en las condiciones de aislamiento de la vivienda. El nuevo análisis, con 21 variables, arrojó ocho factores principales; el total de la varianza explicada mejoró pasando al 75,7%, el valor de extracción supera el 0,5 en todas las variables, mientras que el KMO fue de 0,672. Las variables agrupadas por factores principales, con sus respectivos valores de carga, se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Factores principales de la vivienda

Variables	Factor							
	1	2	3	4	5	6	7	8
UTIL	0,816							
CONST	0,811							
CUINA	0,673							
DORM_2	0,742							
DORM_3	0,788							
BANY_2	0,793							
PAV_ESTAR		0,963						
PAV_DOR		0,963						
AMP_PAR			0,963					
RATIO			0,955					
JARDIN				0,81				
PISCINA				0,85				
VENTILACION					-0,724			
PAV_COC					0,399			
CARPINTERIA					0,824			
CAL_VIV					0,483			
EST-COM						0,905		
DORM_1						-0,487		
PROF_EDIF							0,874	
FACHADA								0,533
ESTAR2								0,86

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

Agrupados a partir de este análisis, la descripción de los factores principales es la siguiente:

1. Programa básico por superficie (recintos de las viviendas en donde las personas realizan las actividades cotidianas).
2. Calidad de los recubrimientos en los elementos de separación horizontal.
3. Tipología edificatoria (características de la parcela, que junto a su localización, condicionan el tipo de edificación y su exposición al ruido proveniente del exterior).
4. Atractivos externos (elementos adicionales, como jardines y piscinas, que proporcionan bienestar a los ocupantes pero también pueden ser fuente de ruido).
5. Elementos básicos de calidad en la vivienda (incluye la calificación dada a la vivienda y a algunos de sus elementos. Correlaciona de manera negativa con la ventilación cuando la vivienda no da a calle).
6. Proporcionalidad de los espacios habitables (relaciona los dos principales recintos habitables protegidos de la vivienda. Correlaciona positivamente con la estancia y negativamente con el dormitorio principal).
7. Proporcionalidad edificatoria y exposición (se relaciona con la posibilidad de que las viviendas tengan mayor o menor exposición a espacios públicos).
8. Elementos complementarios de calidad (correlaciona positivamente con las características de los elementos que separan verticalmente con el exterior y con la existencia de recintos protegidos adicionales).

6.1.1.1 Característica de las viviendas por grupo

Con las dimensiones definidas, se aplicó el análisis clúster. Se realizó un procedimiento de k-medias y se probó entre dos y cinco grupos; la consideración final fue que la agrupación en cinco conglomerados es la que mejor representa las características de las viviendas, pues con menos conglomerados se tiende a conjuntar en dos grupos, uno de ellos con muy poca representatividad, por lo que se pierde parte de la información que se analiza. Los resultados de los casos válidos, agrupados en los cinco conglomerados, es la siguiente (Tabla 6.5):

Tabla 6.5: Centros de los conglomerados finales

Factor	Conglomerado				
	1	2	3	4	5
Programa básico por superficie	-0,18134	0,17967	0,12469	0,44909	-0,99583
Calidad de recubrimientos en elementos de sep. horizontal	0,00792	0,23824	-0,19953	0,23444	0,75279
Frentes abiertos	-0,35305	0,02635	0,48693	-0,15652	1,08557
Atractivos externos	-0,41191	1,74612	-0,42391	-0,12759	-0,78663
Elementos básicos de calidad en la vivienda	-0,61274	0,01406	0,95397	-0,57687	-0,46678
Proporcionalidad de los espacios habitables	-0,09707	-0,03252	-0,08163	0,26732	9,08378
Proporcionalidad edificatoria y exposición	-0,095	0,01113	0,22726	-0,99196	0,78176
Elementos complementarios de calidad	-0,20912	-0,23518	-0,00921	4,01794	-0,54257

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

Segmentando los grupos y calculando las medias de las variables originales, se obtienen las siguientes características (Tabla 6.6).

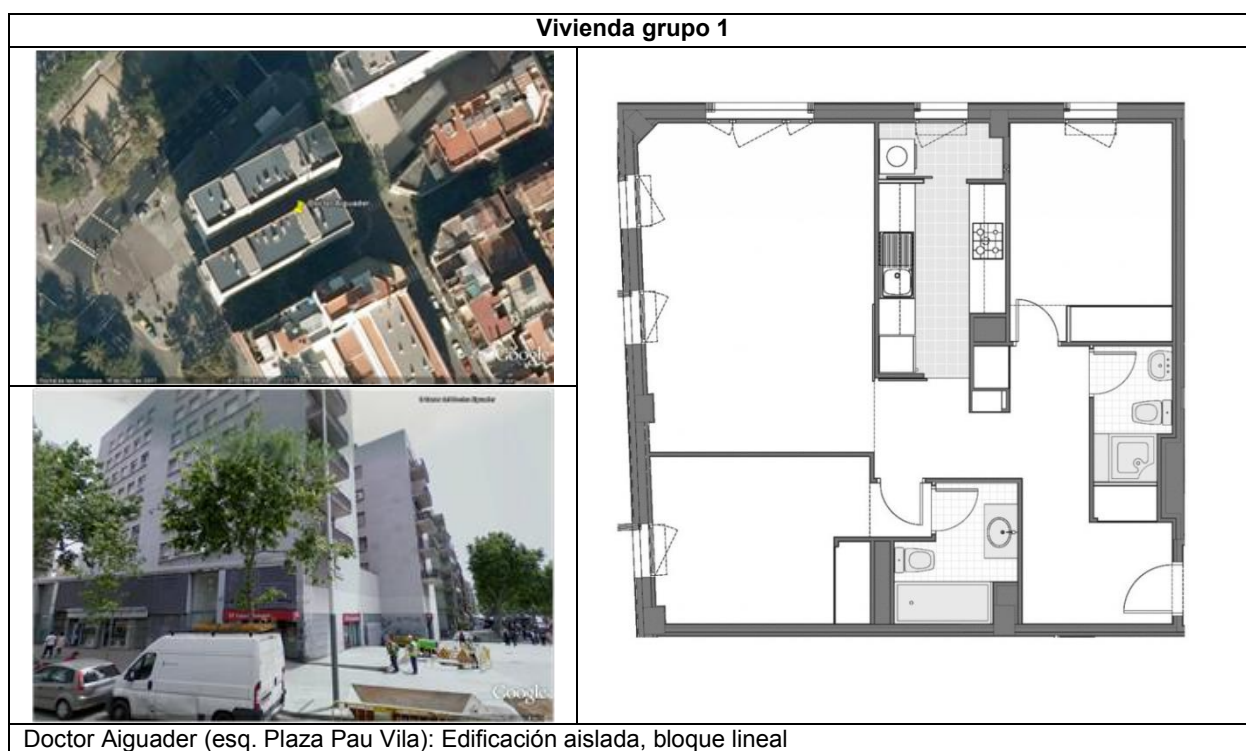
Tabla 6.6: Valor de la media por variable y conglomerado

Variable	Conglomerado				
	1	2	3	4	5
AMP_PAR	18,41	29,99	35,19	24,49	60,00
PROF_EDIF	17,23	18,18	19,83	15,48	25,00
RATIO	1,17	1,72	2,01	1,73	2,40
JARDIN	1,29	3,58	1,59	1,77	1,00
PISCINA	1,05	2,00	1,00	1,27	1,00
FACHADA	6,82	7,60	8,88	8,60	3,00
UTIL	69,20	89,84	78,12	100,72	151,00
CONST	82,74	107,66	93,49	121,25	181,20
ESTAR-COMEDOR	22,45	26,12	22,94	20,76	138,75
ESTAR2	0,02	0,03	0,12	13,19	0,00
CUINA	6,97	9,47	9,14	9,73	0,00
DORM_1	12,20	13,39	12,32	12,01	0,00
DORM_2	7,28	8,71	8,01	8,79	0,00
DORM_3	3,15	5,09	5,04	7,11	0,00
BANY_2	2,20	2,93	2,76	3,02	3,00
VENTILACION	1,99	1,95	1,51	1,87	2,00
PAV_ESTAR	5,42	5,67	5,37	5,53	6,00
PAV_DOR	5,41	5,67	5,33	5,53	6,00
PAV_COC	3,74	5,24	4,65	5,40	7,00
CARPINTERIA	4,20	5,24	6,19	4,20	4,00
CAL_VIV	3,57	4,81	4,36	4,93	5,00
No. de casos	374	156	259	30	6

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

El grupo 1, que es el más numeroso (374 casos), incluye viviendas estándar en la que no destaca ningún elemento; presenta, para ciertas variables, los valores más bajos del conjunto. Sus dimensiones son las menores (70 m² de superficie útil y 18 m de amplitud de parcela), cuentan con una estancia y dos dormitorios bien definidos además de un tercer recinto, también llamado dormitorio, de dimensiones muy reducidas. La calidad de la vivienda es media o buena y sus acabados son sencillos, como en el caso del parquet utilizado como pavimento, o de las fachadas pintadas o estucadas; en general no cuentan con atractivos externos (espacios comunitarios). La ventilación puede obtenerse por estar ubicada a calle o a patios interiores. Las proporciones de la parcela, en conjunto con otras variables como la ventilación, parecen indicar que la edificación está entremedianeras o en algunos casos, como bloque lineal orientado con la calle.

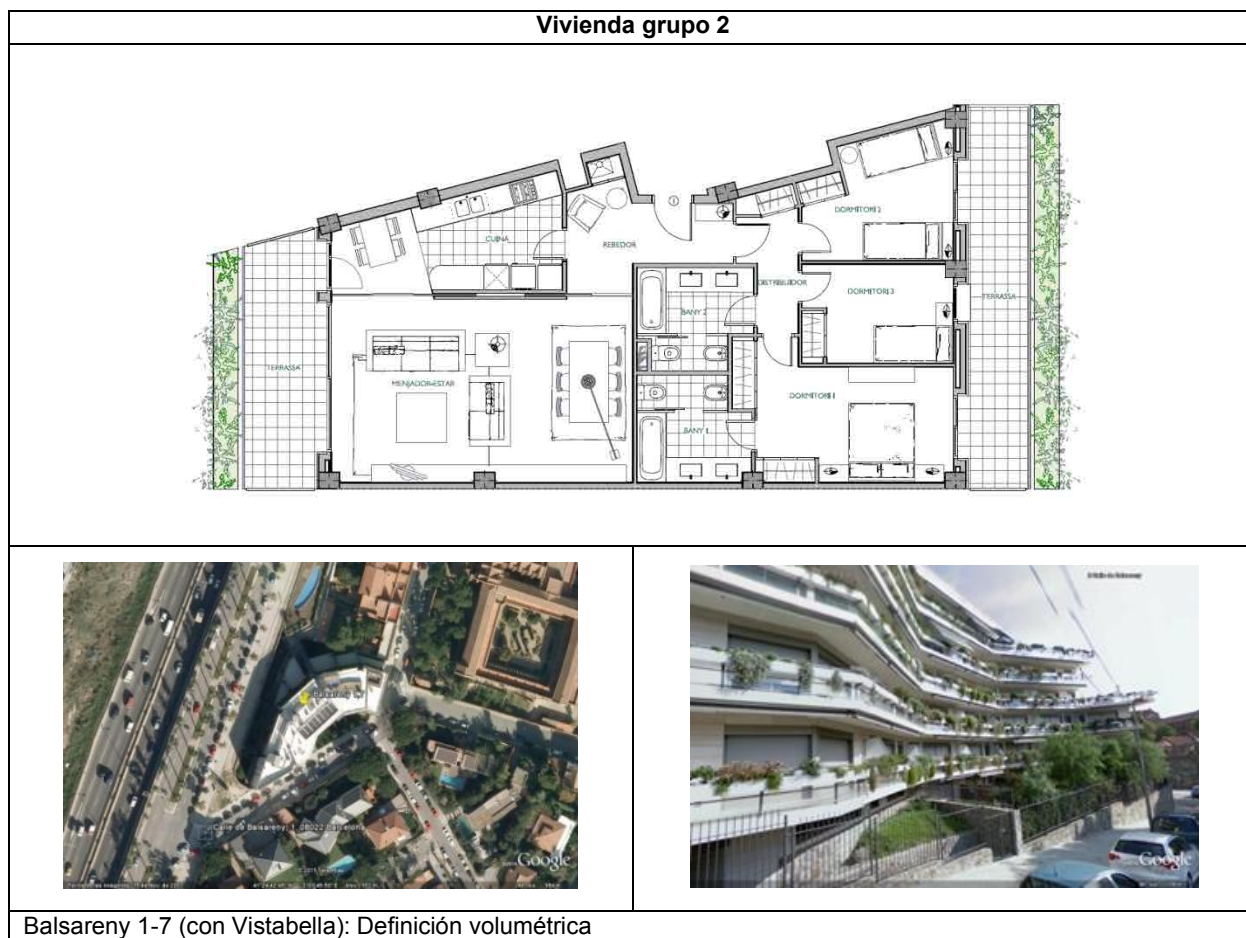
Ilustración 6.1 Clúster 1 de vivienda



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Google Earth y de la página web del promotor

El grupo dos, sin ser el de mayor representatividad (156 casos), tiene todos los parámetros bien evaluados. La superficie útil es en promedio de 90 m² con una amplitud parcelaria de 30 m; cuenta con la estancia y dormitorio principal más grandes del conjunto, además de atractivos externos. La calidad de la vivienda es buena-muy buena y sus acabados también fueron calificados como buenos.

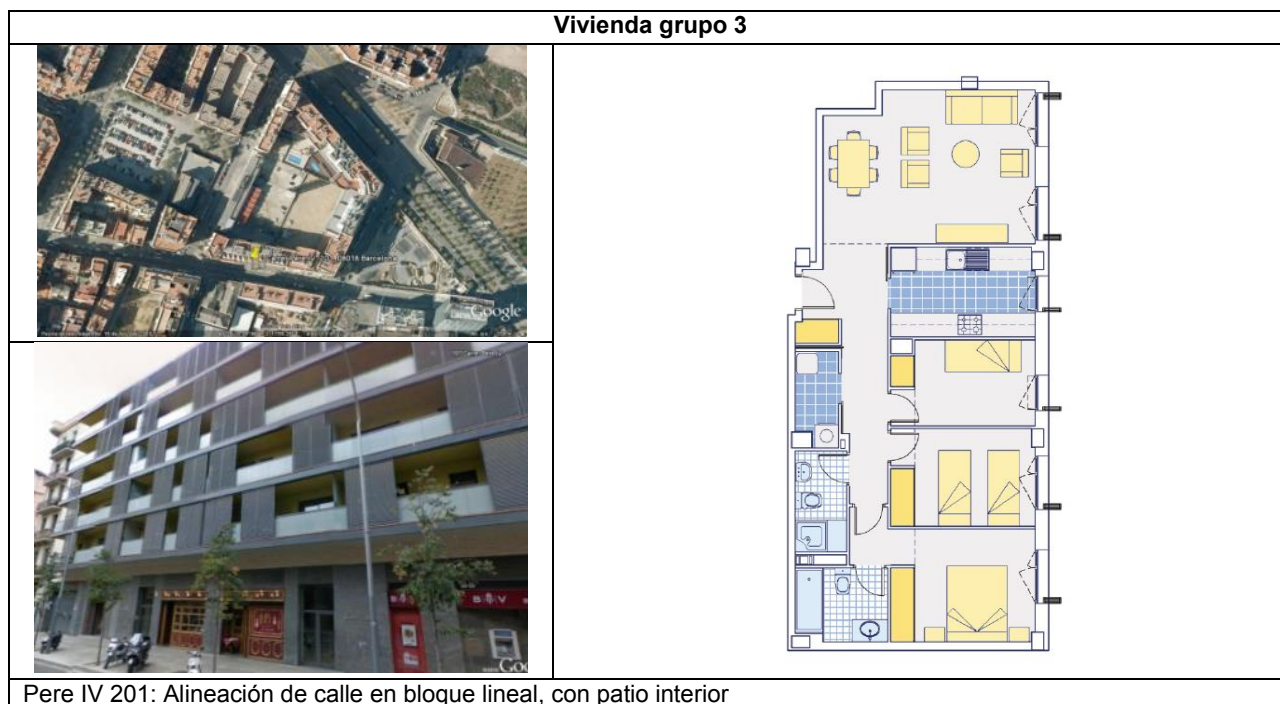
Ilustración 6.2 Clúster 2 de vivienda



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Google Earth y de la página web del promotor

El grupo tres, el segundo más numeroso con 259 casos, tiene algunos elementos de calidad como son la fachada de obra vista y la carpintería metálica o de PVC, pero en general sus elementos son de calidad media, como en el caso de los pavimentos de parquet. La superficie media útil es de 78 m² en parcelas de 35 m, cuenta con tres dormitorios y una estancia; son las peor ventiladas al contar con la mayor proporción de viviendas que dan a patio de luz y no cuentan con atractivos externos. Por las proporciones de la parcela, la tipología edificatoria puede ser lineal. La calidad de la vivienda es buena en general.

Ilustración 6.3 Clúster 3 de vivienda

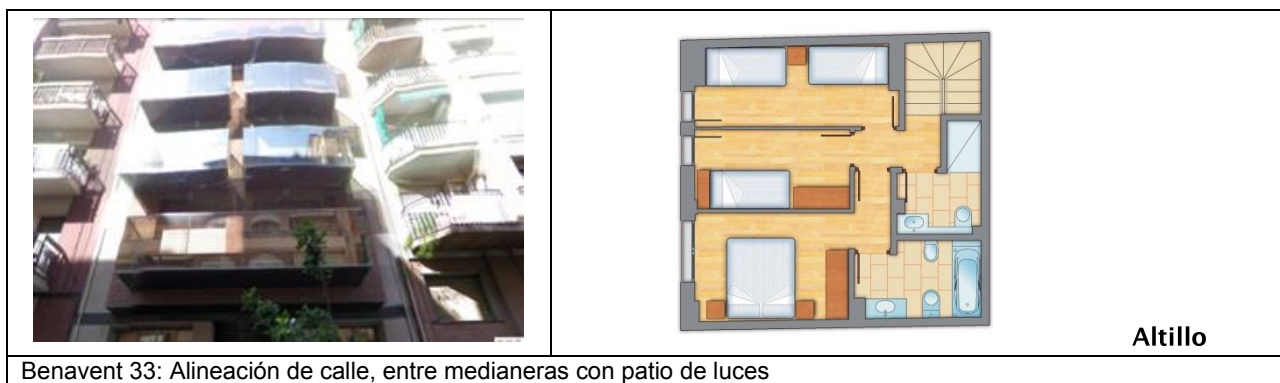


Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Google Earth y de la página web del promotor

Los grupos cuatro y cinco, con 30 y seis casos respectivamente, son los menos representativos; son los de mayor superficie y amplitud parcelaria, que en el caso del grupo cinco, es la mayor del conjunto. La calidad de la vivienda y sus materiales en general, son los mejor calificados; sólo algunos casos del grupo cuatro incluyen atractivos exteriores. El grupo cinco se caracteriza por contar con un único espacio abierto (vivienda tipo estudio), mientras que el cuatro es el que incluye una estancia adicional y los dormitorios adicionales de mayor dimensión.

Ilustración 6.4 Clúster 4 de vivienda

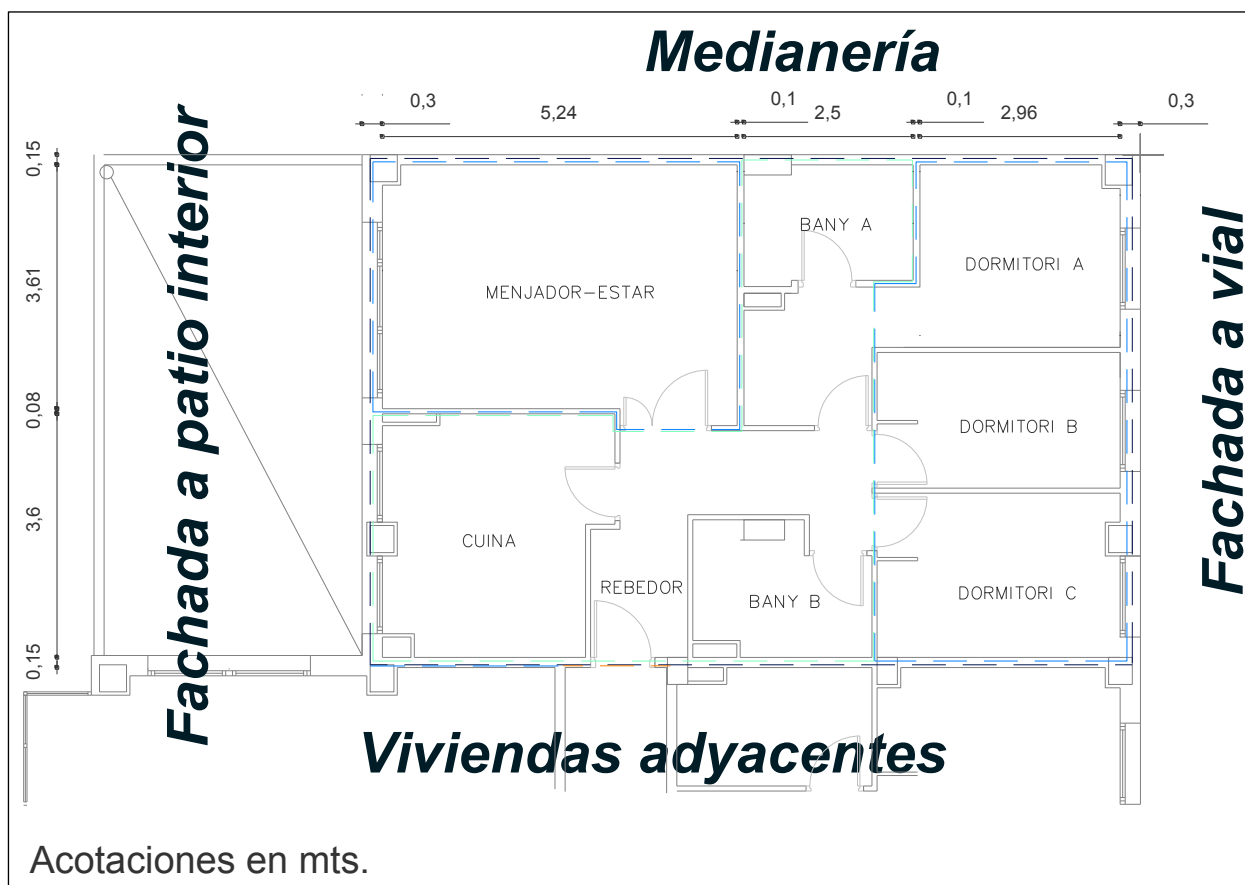




Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Google Earth y de la página web del promotor

De este análisis se concluye que las viviendas más comunes de reciente creación tienen una superficie cercana a los 80m² y cuentan al menos con una estancia y un par de dormitorios (Ilustración 6.5). Los acabados son de calidad media; los pavimentos suelen ser de parquet sencillo y la fachada de obra vista sencilla, estucado o aplanado terminado con pintura.

Ilustración 6.5. Vivienda tipo



Fuente: Elaboración propia a partir de la información por los arquitectos autores del proyecto (Bosch-Cuspinera Associats)

En cuanto a las tipologías edificatorias, predomina la edificación entremedianeras, típica de los tejidos de ensanche, y en bloque lineal con alineación a calle, presentando una proximidad importante a las vías de

comunicación (Ilustración 6.6). Sin embargo, una característica que se observa en todos los conglomerados es que la media de ventilación se da principalmente por interiores de manzana, y en general no cuentan con atractivos externos como podrían ser las piscinas o jardines. Lo anterior sugiere que en las promociones actuales una parte de las viviendas están expuestas principalmente a ruido aéreo producido por los sistemas de transporte, con reducción en los niveles de ruido en aquellas que se edifican hacia los patios de luces o a los interiores de manzana.

Ilustración 6.6 Fachada y tipología edificatoria de la vivienda típica (Calles Bilbao y Pere IV)



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por los arquitectos autores del proyecto (Bosch-Cuspinera Associats)

6.1.1.2 Ubicación y nivel de ruido para la vivienda típica

Al georeferenciar y mapificar las distintas promociones, se obtiene que el distrito con mayor número de edificaciones fue Sant Martí (20,3% de los registros), seguido por L'Eixample (14,7%; Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Promociones por clúster y distrito

Distrito	Clúster					Total
	1	2	3	4	5	
Ciutat Vella	26	4	0	0	0	30
Eixample	63	31	38	4	0	136
Sants-Montjuïc	37	3	32	16	0	88
Les Corts	11	14	9	2	0	36
Sarrià-Sant Gervasi	39	44	26	8	0	117
Gràcia	26	15	17	0	0	58
Horta-Guinardó	50	6	40	0	0	96
Nou Barris	18	3	9	0	0	30
Sant Andreu	39	1	26	0	0	66
Sant Martí	65	35	62	0	6	168
Total	374	156	259	30	6	825

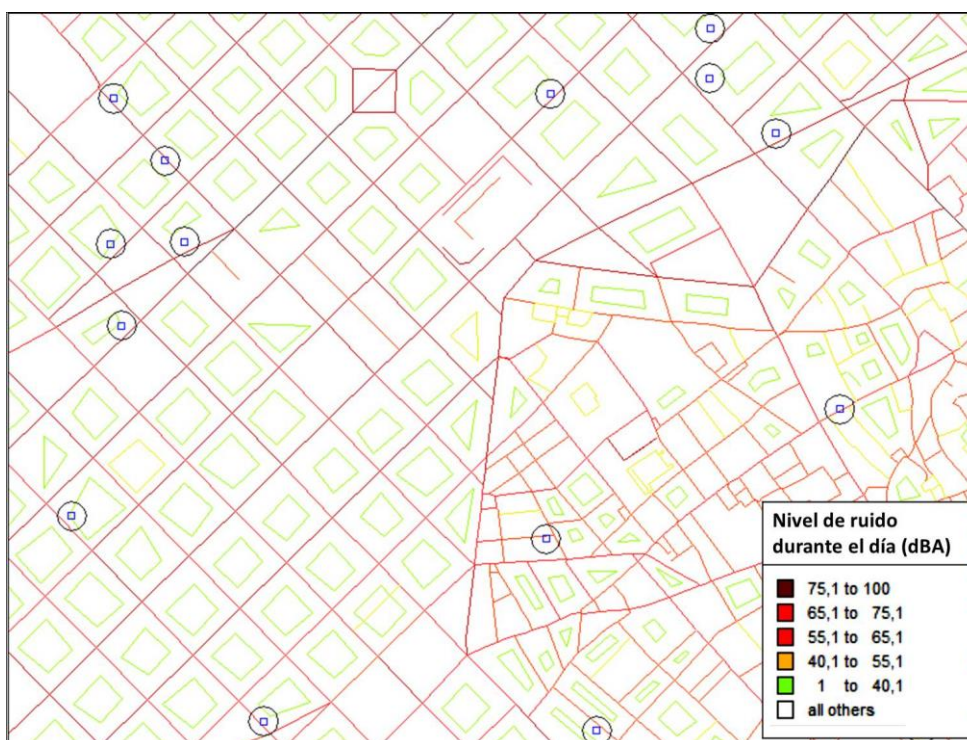
Fuente: Elaboración propia

Al contrastar esta información con la proporcionada por el Ajuntament de Barcelona (2007), se corrobora que el distrito de Sant Martí tuvo un amplio desarrollo inmobiliario en los años recientes, por lo que la vivienda típica puede ser ubicada en él. Mientras que el distrito de L'Eixample, al ser el más extenso y denso, también ha alojado a un buen número de promociones a pesar de su colmatación urbanística, parte de las cuales han provenido de la sustitución de antiguos edificios.

Posteriormente estas edificaciones fueron vinculadas al mapa de ruido para obtener, por medio del análisis geoespacial y estadístico, tanto la media del nivel de ruido del conjunto de promociones como el que corresponde a cada una de ellas (Anexo 1). Teniendo como base la capa del mapa estratégico, el nivel de ruido para cada promoción se obtuvo aplicando "buffers" con radios de 100, 50, 30 y 20 mts en torno a ellas (un buffer es el área de influencia que resulta de dar una determinada distancia alrededor de un punto, línea o polígono).

El buffer de 30 mts parece ser el más adecuado teniendo en consideración que relaciona la edificación con un nivel de ruido cercano, que en el caso de las promociones ubicadas en esquina, no necesariamente es el de la calle frontal; generalmente incluye los niveles registrados al interior de las manzanas y reduce el posible error en que se incurre al posicionar la edificación. Finalmente, en las edificaciones aisladas, parece ser una medida razonable de la distancia que éstas guardan en relación a la calle (Ilustración 6.7; Tabla 6.8).

Ilustración 6.7 Nivel de ruido en las promociones con el buffer de 30 mts.



Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.8 Niveles de ruido (Ld) por distrito

Distrito	B 20		B 30		B 50	
	No. Prom.	Ld (media)	No. Prom.	Ld (media)	No. Prom.	Ld (media)
CIUTAT VELLA	8	63.3	8	64.2	8	67.5
EIXAMPLE	28	68.5	35	69.8	35	71.3
SANTS-MONTJUIC	34	65.0	34	65.7	34	66.8
LES CORTS	8	66.7	8	67.6	8	69.3
SARRIA-SANT GERVASI	18	66.7	19	67.1	19	69.8
GRACIA	23	65.2	23	66.6	24	67.4
HORTA-GUINARDO	34	62.0	35	63.8	35	65.4
NOU BARRIS	7	63.4	9	66.6	9	67.1
SANT ANDREU	26	63.3	26	64.8	26	65.6
SANT MARTI	45	65.6	47	66.6	48	68.2
<i>Media</i>		65.0		66.3		67.8
<i>Desv_Est</i>		5.7		5.2		4.7
<i>Mediana</i>		65.1		66.3		68.2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, la variación en el número de promociones se explica de la siguiente manera: en algunas de ellas, con los radios menores, el buffer no captura el nivel de ruido correspondiente, dejándolas sin registro.

Cuando el análisis se realiza para obtener el nivel de ruido asociado a cada uno de los clústeres de vivienda, las promociones con la media de ruido más elevada son las que pertenecen al clúster 3, seguidas por las del clúster 1, como se aprecia a continuación.

	<i>Clúster 1</i>	<i>Clúster 2</i>	<i>Clúster 3</i>	<i>Clúster 4</i>	<i>Clúster 5</i>
<i>Media:</i>	66.4	65.9	67.9	64.4	64.8
<i>Des_est:</i>	5.2	4.6	5.4	4.5	0.0
<i>Mediana:</i>	66.3	65.3	69.5	63.6	64.8

Teniendo en cuenta que los clúster 1 y 3 son los que más casos presentan, y que a partir de sus características se definió la vivienda típica, el nivel medio de ruido aéreo para la muestra de promociones por distrito es el siguiente (Tabla 6.9):

Tabla 6.9 Niveles de ruido para las promociones de los clúster 1 y 3

Distrito	Ld (dB)	
	Clúster 1	Clúster 3
CIUTAT VELLA	63.7	NA
EIXAMPLE	70.6	71.5
SANTS-MONTJUIC	64.1	65.0
LES CORTS	72.8	69.5
SARRIA-SANT GERVASI	69.2	71.7
GRACIA	64.7	68.6
HORTA-GUINARDO	62.8	67.5
NOU BARRIS	62.6	70.2
SANT ANDREU	66.4	60.9
SANT MARTI	67.3	67.6

Fuente: Elaboración propia

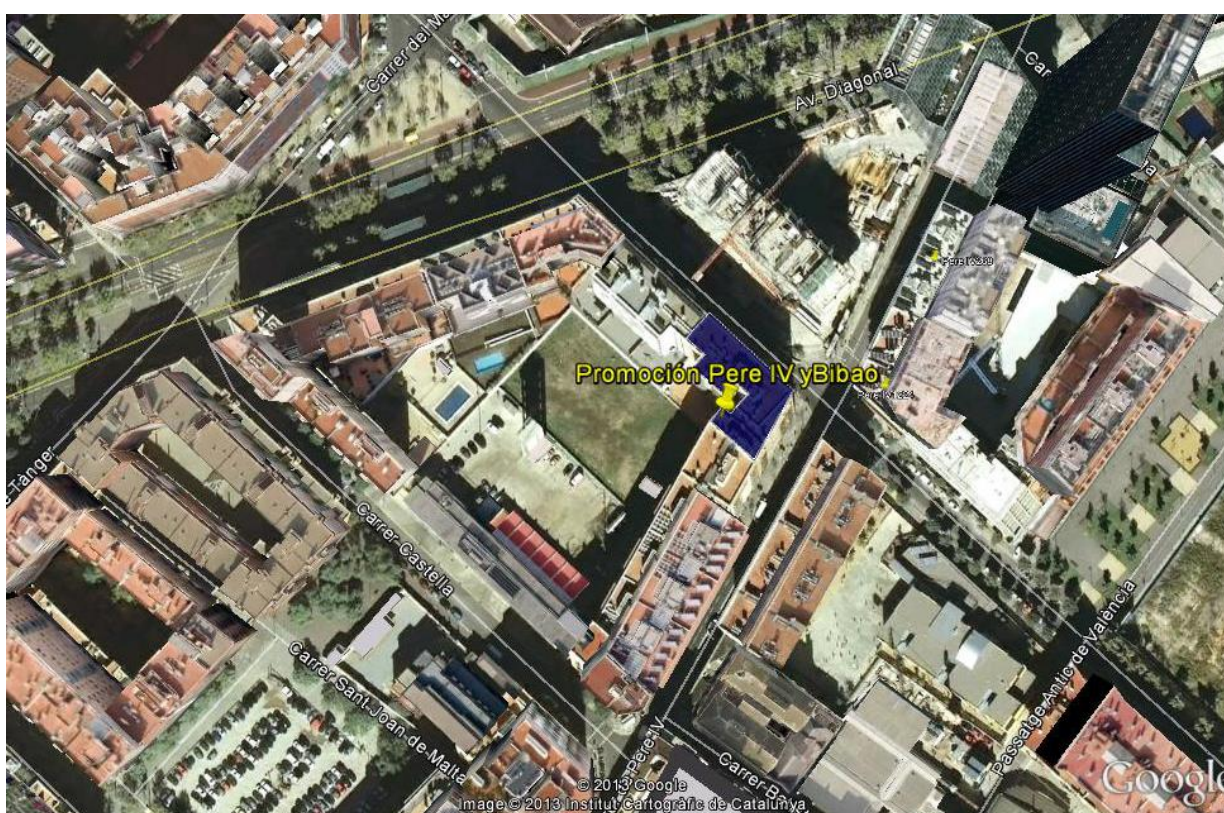
A partir de esta muestra se concluye que la vivienda típica, ubicada en el distrito de Sant Martí, estará expuesta a un nivel de ruido en el rango de los 65-70 dB(A), específicamente $L_d=67,3$ dB(A). Este valor

está en el rango medio del conjunto, pero es ligeramente mayor a la media de todas las promociones analizadas ($L_d=66,4$ dB(A)).

6.1.2 Análisis acústico de la vivienda típica

Para realizar el análisis acústico de la vivienda típica se eligió la promoción situada en la calle Bilbao y Pere IV (Ilustración 6.8). El motivo principal de la elección fue que para esta promoción, además de estar ubicada en el distrito y zona acústica de interés, se obtuvo a través del despacho Bosch-Cuspinera Associats (autores del proyecto) la mayor cantidad de planos de plantas y detalles constructivos.

Ilustración 6.8 Ubicación de la promoción

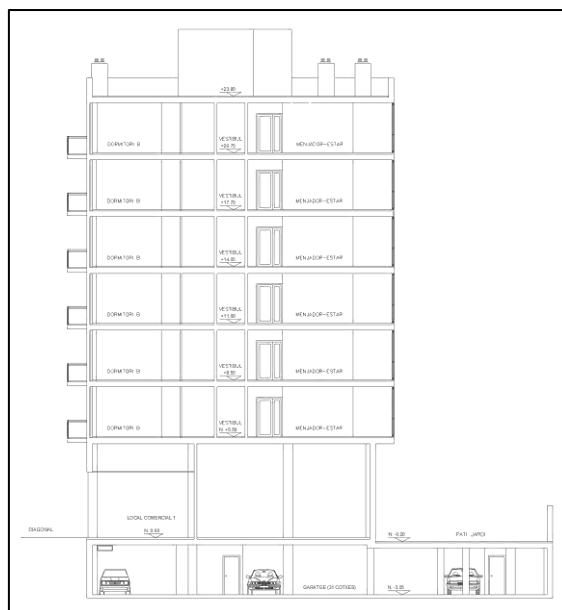


Fuente: Google Earth

La caracterización de la edificación en la que se analizan los usos, ubicación y características del medio ambiental acústico, así como la relación entre recintos, es la siguiente.

- Siete plantas sobre rasante con una distribución de viviendas bajo cubierta más cinco plantas tipo (1ª- 5ª), planta baja destinada a locales comerciales y una planta bajo rasante destinada a aparcamiento (Ilustración 6.9).

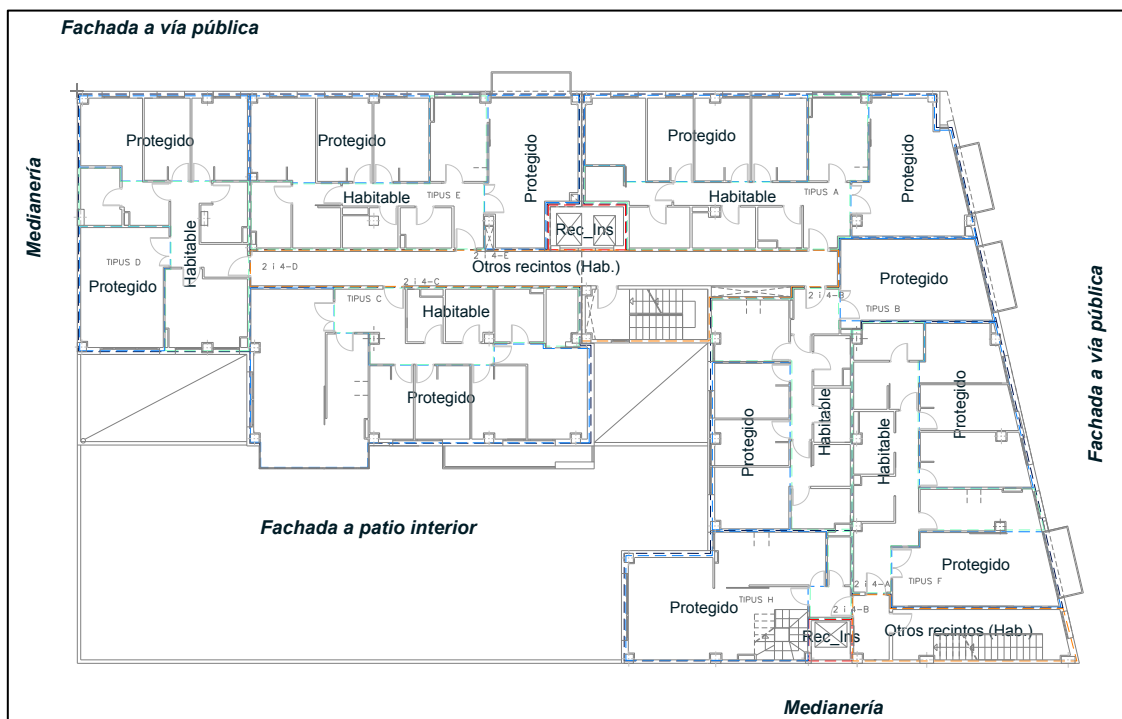
Ilustración 6.9 Edificación (corte)



Fuente: Arquitectos autores del proyecto (Bosch-Cuspinera Associats)

- Cubierta plana.
- La planta tipo está formada por siete viviendas con distinto programa de obra y superficie útil, algunas de ellas cercanas a los 80 m². Además cuenta dos zonas comunes donde se encuentran los núcleos de ascensores y escalera, así como el vestíbulo o descansillo (Ilustración 6.10).

Ilustración 6.10 Caracterización de la edificación

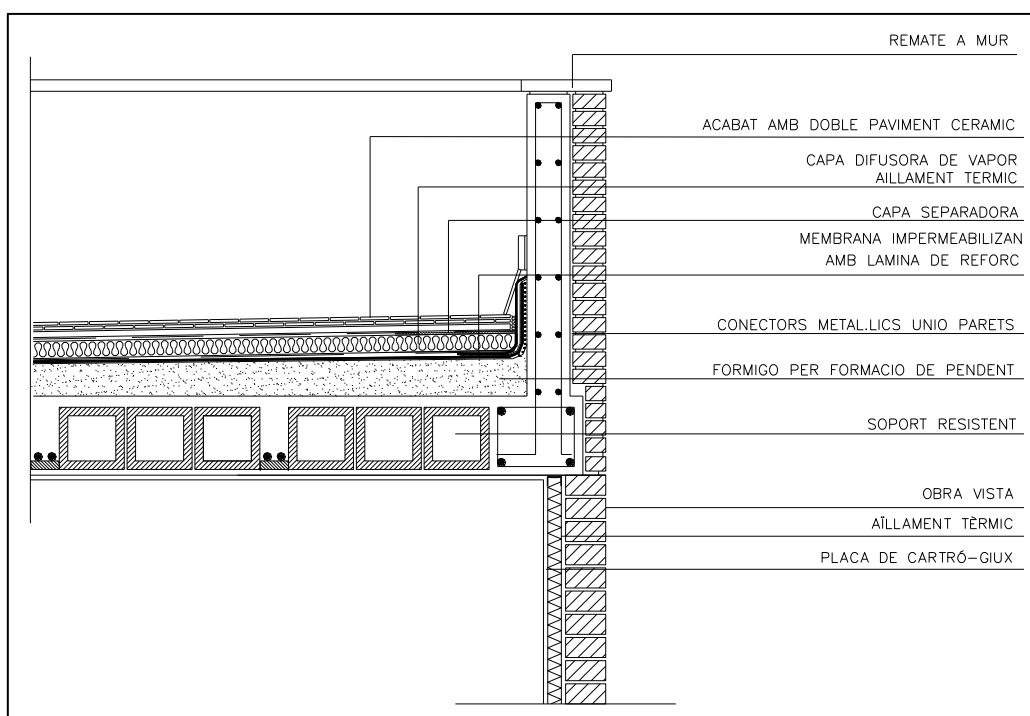


Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por los arquitectos autores del proyecto

- La planta sótano, bajo rasante, está destinada a aparcamiento. El acceso de los peatones se realiza a través de escalera o ascensor, ambos comunicados con la planta baja y el acceso de vehículos por medio de rampa.
- El edificio está situado en esquina y entre dos edificios colindantes.
- La altura libre de las plantas tipo de viviendas es de 2,7 mts.
- Las cajas de los ascensores se consideran recintos de instalaciones por llevar la maquinaria incorporada al ser del tipo “mochila” (condición más desfavorable).
- El índice de ruido día promedio para la edificación es $L_d = 67.3 \text{ dB(A)}$.

También se determinó que la vivienda original (NBE-CA) está formada principalmente por muros de albañilería o fábrica (tradicional y mixta) y forjados unidireccionales con elementos de entrevigado de hormigón (Ilustración 6.11); estas soluciones generalmente son homogéneas, pesadas y de alta rigidez, y su comportamiento acústico sigue el principio de la ley de masas: cuanto mayor sea ésta, mayor aislamiento acústico aporta el elemento, principalmente a las frecuencias agudas.

Ilustración 6.11 Detalle de los elementos constructivos



Fuente: Arquitectos autores del proyecto (Bosch-Cuspinera Associats)

La verificación del cumplimiento normativo se realizó teniendo en cuenta la información proporcionada principalmente por el “Manual de cerramientos opacos” (2006), que incluye los valores medios de la masa y el aislamiento acústico de diversos elementos constructivos. Posteriormente esta información se complementó con la incluida en “Catálogo de elementos constructivos del CTE”, para llenar la ficha justificativa correspondiente.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Para el cálculo de los niveles de inmisión de ruido aéreo proveniente del exterior se consideró que la parte ciega de la fachada es de obra vista de ½ pie de ladrillo cerámico, cámara de aislamiento y placa de yeso laminado de 11mm; el cerramiento del hueco de fachada es de carpintería de aluminio (clase A2) con capialzado, persianas de PVC y vidrio simple 4+4 mm. La norma indica que el aislamiento acústico global mínimo a ruido aéreo a_g exigible a estos elementos, en cada local de reposo, se fijaba en 30 dB(A), mientras que el valor esperado del conjunto se obtienen mediante la expresión:

$$a_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}}$$

Para la promoción de las calles Bilbao y Pere IV, teniendo en cuenta las distintas superficies acristaladas en cada una de las fachadas que dan directamente a calle, los valores de a_g son los siguientes (Tabla 6.10):

Tabla 6.10 Cálculo del aislamiento global (a_g) para la fachada de la vivienda típica

Parámetro	Fachada A (Calle Bilbao)	Fachada B (Calle Pere IV)	Descripción
S_c =	602.86	300.23	Superficie de cerramientos
S_v =	197.68	135.42	Superficie acristalada
S_c+S_v =	800.53	435.65	Superficie total de fachada
% S_v	24.7	31.1	Porcentaje de acristalamiento
a_c =	44	44	Aislamiento acústico del cerramiento
a_v =	27	27	Aislamiento acústico de la carpintería
$z_c=10^{(a_c/10)}$ =	25118.8643	25118.8643	
$z_v=10^{(a_v/10)}$ =	501.187234	501.187234	
S_c/z_c =	0.02400011	0.01195248	
S_v/z_v =	0.39441547	0.27019842	
$Z=(S_c+S_v)/(z_c+z_v)$ =	1913.24495	1544.04183	
$a_g=10\log Z$ =	32.82	31.87	Aislamiento global

Fuente: Elaboración propia

Al tomar en consideración que la ubicación de la vivienda típica en la planta de conjunto es a la calle Bilbao, el valor del aislamiento global (a_g) de diseño se fijó en 32.8 dB(A).

La ficha justificativa muestra que las soluciones adoptadas cumplen con las exigencias que regían al momento de que la vivienda fue diseñada (Tabla 6.11).

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.11 Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios

Elementos constructivos verticales			Masa m en kg/m ²	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA						
				Proyectado	Exigido					
Particiones interiores (Art. 10°)	Áreas de igual uso	Ladrillo hueco doble de 6 cm con revestimiento continuo de yeso (S-003).	119	36	≥ 30					
	Áreas de uso distinto	Ladrillo hueco doble de 6 cm. con alicatado y mortero (S-003)	152	39	≥ 35					
Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos (Art. 11°)	½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de mortero (S-012)		270	47	≥ 45					
Paredes separadoras de zonas comunes interiores (Art. 12°)	½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de yeso (S-012)		250	46	≥ 45					
Paredes separadoras de salas de máquinas (Art. 17°)	Bloque hueco de hormigón de 29 cm con revestimiento continuo en ambas caras (S-027)		450	55	≥ 55					
Fachadas (art.13°)	Parte ciega			Ventanas			sv	a _c -a _g	Aislamiento acústico global a ruido aéreo a _g en dBA	
	sc	mc	ac	sv	e	av			a _g en dBA	
	m ²	Kg/m ²	dBA	m ²	mm	dBA	sc+sv	dBA	Proyecto	Exigido
Obra vista de ½ pie ladrillo cerámico métrico, cámara de aislamiento térmico y placa de cartón yeso (C-011) con ventanas clase A-2 vidrio 4+4	602.8	215	44	197.6	4+4	27	800.5	11.2	32.8	≥ 30
Elementos constructivos horizontales			Masa m	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA		Nivel ruido impacto Ln en dBA				
			kg/m ²	Proyectado	Exigido	Proyectado	Exigido			
Elementos horizontales de separación (Art. 14°)	Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos ligeros de 25cm de espesor, pavimento de tablero de madera colocado sobre aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.			282	53	≥ 45	76	≤ 80		
Cubiertas planas y tejados (Art. 15°)	Cubierta plana, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, capa de impermeabilización, aislamiento térmico, barrera de vapor y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.			322	50	≥ 45	80	≤ 80		

Fuente: Elaboración propia

Cuando se analiza el cumplimiento del DB-HR se parte de la misma solución constructiva: los elementos verticales de separación son de albañilería seca y mixta, mientras que los elementos horizontales son forjados unidireccionales con elementos de entrevigado de hormigón. El diseño definitivo de estos elementos se efectuó con la aplicación “Silensis”. Esta herramienta de libre acceso permite optimizar el proyecto con garantías de cumplimiento del DB-HR, e incluye todas las soluciones constructivas recogidas en el “*Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del CTE*”.

Hispalyt, en colaboración con el Instituto de Acústica del CSIC y el Centro Tecnológico Tecnalía, desarrollaron este sistema; ellos afirman que posee altas prestaciones acústicas y garantiza el cumplimiento de las exigencias del CTE, en algunas ocasiones empleando elementos constructivos semejantes a los usados con anterioridad pero incorporando ligeras modificaciones en el montaje. En el diseño se emplean paredes separadoras cerámicas, de una o de dos hojas, bandas elásticas en las uniones con determinados elementos constructivos (forjados, pilares, fachadas, tabiquería, etc.) y material absorbente en la cámara en el caso de las soluciones de dos y tres hojas. La limitante principal de la herramienta está en los materiales que analiza: sólo fue desarrollada para emplear paredes separadoras cerámicas. Sin embargo, para esta investigación, satisface las necesidades de diseño pues las soluciones originales son de esta tipología.

Previamente se ha definido que el nivel de ruido aéreo procedente del exterior originado por el tránsito de vehículos es de $65 < L_d < 70$ dB(A), por lo que el valor mínimo del aislamiento exigido en la fachada es: $D_{2m,nT,Atr} \geq 37$ dB(A).

Los porcentajes de acristalamiento, bajo las especificaciones del DB-HR, son medidos de distinta manera: el cálculo del porcentaje de huecos se realizó con respecto a la superficie de la fachada medida desde el interior del recinto protegido con mayor tamaño de huecos. Con estas especificaciones, el cálculo del aislamiento combinado se realizó para dos porcentajes de acristalamiento: el primer caso corresponde a la vivienda típica donde el porcentaje es de 26.7%; en segundo lugar se realizó para el porcentaje más desfavorable, que corresponde a una vivienda en donde el recinto protegido tiene el 67% de acristalamiento. La solución adoptada para la fachada, en todo caso, satisface los requerimientos de aislamiento combinado.

En el Anexo 2 (Verificación del cumplimiento normativo) se incluye el reporte emitido por la herramienta “Silensis” y la ficha justificativa. Las soluciones específicas se extrajeron del Catálogo de elementos constructivos del CTE. La Tabla 6.12 muestra la comparación de los elementos constructivos de la vivienda que dan cumplimiento a las distintas normativas y que fueron utilizados tanto en el análisis económico como en la simulación del comportamiento acústico de las fachadas.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.12 Elementos constructivos

Comparativa de elementos constructivos				
	Solución NBE-CA-88	* Masa m kg/m²	Solución DB-HR	* Masa m kg/m²
Elementos constructivos verticales				
Particiones interiores				
Áreas de igual uso	<i>Solución: Ladrillo hueco doble de 6 cm con revestimiento continuo de yeso (S-003)</i>	119	<i>Opción 1: Ladrillo hueco de 6 cm con revestimiento continuo (PV01.a2)</i>	82
	<i>Opción 1: División interior vertical de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, de 7cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	97	<i>Opción 2: División interior vertical de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, de 7cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	97
Áreas de uso distinto	<i>Solución: Ladrillo hueco doble de 6 cm con revestimiento continuo de yeso (S-003)</i>	119	<i>Opción 1: Ladrillo hueco de 6 cm con revestimiento continuo (PV01.a2)</i>	82
Separadoras de propiedades	<i>Solución: ½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de mortero (S-013)</i>	270	<i>Opción 1: Dos hojas, principal de ½ ladrillo perforado (métrico), sin cámara de aire, aislante térmico y ladrillo hueco (6 cm) enlucido (ME02.P.a)</i>	171
	<i>Opción 1: División interior vertical de obra de fábrica de bloque cerámico aligerado machihembrado, de 14cm de espesor, con revestimiento en ambas caras.</i>	136	<i>Opción 2: División vertical de doble tabique asimétrico formado por una hoja de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de 11,5cm de espesor, y otra de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco sencillo, de 5cm de espesor, con disposición de bandas elásticas en los encuentros con suelos, techos y otras particiones, con aislamiento térmico/acústico intermedio, y con revestimiento de guarnecido de yeso.</i>	241
	<i>Opción 2: División interior vertical de obra de fábrica de bloque macizo de hormigón de áridos ligeros, de 14cm de espesor, con revestimiento en ambas caras.</i>	189		
Separadoras de zonas comunes interiores o usuarios distintos	<i>Solución: ½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de yeso (S-013)</i>	250	<i>Opción 1: Dos hojas de ladrillo hueco (6 cm) enlucido, con aislante y bandas elásticas perimetrales en ambas hojas (PV03.a.2)</i>	144
	<i>Opción 1: División interior vertical de obra de fábrica de bloque cerámico aligerado machihembrado, de 14cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	136	<i>Opción 2: División interior vertical de doble tabique de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, con disposición de bandas elásticas en los encuentros con suelos, techos y otras particiones, con aislamiento térmico/acústico intermedio, y revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	148
	<i>Opción 2: División interior vertical de obra de fábrica de bloque macizo de hormigón de áridos ligeros, de 14cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	189		
Separadoras de salas de máquinas	<i>Opción 1: Bloque hueco de hormigón de 29 cm con revestimiento continuo en una cara (S-028)</i>	450	<i>Opción 1: Dos hojas, principal de ½ ladrillo perforado (métrico), con aislante y ladrillo hueco (6 cm) enlucido; con banda elástica perimetral en la hoja interior (PV04.P.a)</i>	186

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Comparativa de elementos constructivos				
	Solución NBE-CA-88	* Masa m kg/m²	Solución DB-HR	* Masa m kg/m²
	<i>Opción 2: División interior vertical de obra de fábrica de bloque hueco de hormigón convencional, o de áridos densos, de 29cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras.</i>	350	<i>Opción 2: División vertical de doble tabique asimétrico formado por una hoja de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de 11,5cm de espesor, y otra de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco sencillo, de 5cm de espesor, con disposición de bandas elásticas en los encuentros con suelos, techos y otras particiones, con aislamiento térmico/acústico intermedio, y con revestimiento de guarnecido de yeso.</i>	241
Fachadas				
Fachadas	<i>Obra vista de ½ pie ladrillo cerámico métrico, cámara de aislamiento térmico y placa de cartón yeso (C-011) con ventanas clase A-2 vidrio 4+4</i>	215	<i>Fachada de pared de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de caravista, de 11,5cm de espesor, con barrera de resistencia muy alta a la filtración (B3) formada por cámara de aire no ventilada y aislamiento térmico. Trasdosado autoportante de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, con revestimiento interior de guarnecido de yeso. Ventanas dobles deslizantes en fachada a calle (4+4-6-4) y ventanas sencillas en la fachada a patio interior (6-10-10)</i>	225
Elementos constructivos horizontales				
Elementos horizontales de separación	<i>Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos ligeros de 25cm de espesor, pavimento de tablero de madera colocado sobre aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>	282	<i>Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, pavimento de tablero de madera colocado sobre una capa de mortero y aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>	332
Cubiertas planas y tejados	<i>Cubierta plana convencional, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, capa de impermeabilización, aislamiento térmico, barrera de vapor y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>	322	<i>Cubierta plana invertida, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, aislamiento térmico, capa de impermeabilización y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>	332

Fuente: Elaboración propia

La fachada, elemento principal del análisis, está constituida por ladrillo cerámico perforado de 11.5cm, revestimiento continuo intermedio, aislamiento térmico y trasdosado de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm con revestimiento de yeso; la carpintería es de aluminio con acristalamiento doble laminado 4+4/6/4.

En general, en la vivienda con mayor aislamiento, las separaciones verticales requieren de elementos adicionales como las bandas elásticas perimetrales o los trasdosados con mayor espesor o masa (otra solución posible son los trasdosados autoportantes); en los forjados se modifica el aislamiento para ruido de impacto o los componentes del hormigón. En otros casos, los elementos constructivos se mantuvieron como los óptimos bajo las dos normativas.

6.1.3 Estimación de los sobrecostes de construcción

Para la estimación de los sobrecostes de la vivienda típica, primeramente se obtuvo el precio descompuesto de los distintos elementos constructivos, proceso que se llevó a cabo con el generador de precios del CYPECAD (actualizado a diciembre del 2011). Las consideraciones generales de la obra corresponden a la promoción de la calle Bilbao en el supuesto que se ejecutara en la actualidad: la edificación de viviendas plurifamiliares en situación de chaflán, con una buena accesibilidad y con una topografía plana, en una situación de mercado en recesión. El catálogo de precios de los principales elementos constructivos es el siguiente (Tabla 6.13).

Tabla 6.13 Catálogo de precios de los elementos constructivos

Elemento	Clave	Unidad	PU (€)
Fachada			
- Hoja exterior de cerramiento de fachada, de ½ pie de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, acabado liso, 24x11,5x3,7 cm, con junta de 1 cm, rehundida, recibida con mortero de cemento M-7,5.	FFX010_11	m ²	50,92
- Hoja interior de cerramiento de fachada de 7 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco (tochana), para revestir, 29x14x7 cm, recibida con mortero de cemento M-5.	FFR010_7	m ²	16,26
Separadoras de propiedades			
- Hoja exterior de cerramiento de fachada, de 14 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico perforado (gero), para revestir, 29x14x5 cm, recibida con mortero de cemento M-5.	FFZ010	m ²	33,87
- Hoja exterior de cerramiento de fachada, de 15 cm de espesor de fábrica, de bloque de hormigón, liso macizo, color gris, 40x20x15 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm ²), para revestir, recibida con mortero de cemento M-7,5.	FFZ020	m ²	33,69
Particiones interiores			
- Hoja de partición interior de 4 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco (mahón), para revestir, 29x14x4 cm, recibida con mortero de cemento M-5, con banda elástica en las uniones con otros elementos constructivos, de banda flexible de polietileno reticulado de celda cerrada, de 10 mm de espesor y 150 mm de ancho.	PTZ010_4BANDA	m ²	15,19
- Hoja de partición interior de 7 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco (tochana), para revestir, 29x14x7 cm, recibida con mortero de cemento M-5.	PTZ010_7	m ²	17,40
- Hoja de partición interior de 7 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco (tochana), para revestir, 29x14x7 cm, recibida con mortero de cemento M-5, con banda elástica en las uniones con otros elementos constructivos, de banda flexible de polietileno reticulado de celda cerrada, de 10 mm de espesor y 150 mm de ancho.	PTZ010_7BANDA	m ²	17,96

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Elemento	Clave	Unidad	PU (€)
- Hoja de partición interior de 14 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico perforado (gero), para revestir, 29x14x5 cm, recibida con mortero de cemento M-5.	PTZ010p5	m ²	29,54
- Hoja de partición interior de 15 cm de espesor de fábrica, de bloque hueco de hormigón, para revestir, color gris, 40x20x15 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm ²), recibida con mortero de cemento M-7,5.	PTZ020	m ²	20,27
- Hoja de partición interior de 30 cm de espesor de fábrica, de bloque hueco de hormigón, para revestir, color gris, 40x20x30 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm ²), recibida con mortero de cemento M-7,5.	PTZ020_30	m ²	31,00
Aislamiento interior			
- Aislamiento por el interior en fachada de doble hoja de fábrica cara vista formado por panel semirrígido de lana de roca volcánica, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.	NAF010	m ²	7,42
- Aislamiento entre montantes en trasdosado de placas (no incluidas en este precio), formado por panel de lana de vidrio, según UNE-EN 13162, sin revestimiento, de 45 mm de espesor.	NAO030	m ²	4,60
- Banda flexible de polietileno reticulado de celda cerrada, de 10 mm de espesor y 150 mm de ancho, colocada en todo el perímetro del muro, para garantizar su desolidarización.	NAP	m	0,58
Recubrimientos			
- Enfoscado de cemento, a buena vista, aplicado sobre un paramento vertical interior, en el trasdós de la hoja exterior de fachada con cámara de aire, hasta 3 m de altura, acabado superficial rugoso, con mortero de cemento M-5.	RPE011	m ²	8,02
- Guarnecido de yeso de construcción B1 a buena vista, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material, con guardavivos.	RPG010ver	m ²	7,86
Forjados			
- Estructura de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote; volumen total de hormigón 0,173 m ³ /m ² ; acero UNE-EN 10080 B 500 S con una cuantía total de 14 kg/m ² ; forjado unidireccional, horizontal, de canto 30 = 25+5 cm; semivigueta pretensada; bovedilla de hormigón, 60x20x25 cm; malla electrosoldada ME 20x20, Ø 5 mm, acero B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 en capa de compresión; vigas planas; soportes con altura libre de hasta 3 m.	EHU020	m ²	68,24
Cubiertas planas transitables			
- Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, compuesta de: formación de pendientes: arcilla expandida de 350 kg/m ³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, con espesor medio de 10 cm; barrera de vapor: polietileno; aislamiento térmico: panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa; impermeabilización monocapa no adherida: lámina impermeabilizante flexible tipo EVAC, compuesta de una doble hoja de poliolefina termoplástica con acetato de vinil etileno, con ambas caras revestidas de fibras de poliéster no tejidas, de 0,8 mm de espesor y 600 g/m ² ; capa de protección: baldosas de gres porcelánico pulido 4/3/-/E, 20x20 cm colocadas en capa fina con adhesivo cementoso mejorado, C2, gris, directamente sobre la impermeabilización, rejuntadas con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta (entre 3 y 15 mm), con la misma tonalidad de las piezas.	QAB011	m ²	73,82
- Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, compuesta de: formación de pendientes: arcilla expandida de 350 kg/m ³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, con espesor medio de 10 cm; impermeabilización monocapa no adherida: lámina impermeabilizante flexible tipo EVAC, compuesta de una doble hoja de poliolefina termoplástica con acetato de vinil etileno, con ambas caras revestidas de fibras de poliéster no tejidas, de 0,8 mm de espesor y 600 g/m ² ; aislamiento térmico: panel rígido de poliestireno extruido, de	QAB011_INV	m ²	75,52

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Elemento	Clave	Unidad	PU (€)
superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa; capa separadora bajo protección: geotextil de polipropileno-polietileno (180 g/m ²); capa de protección: baldosas de gres rústico 4/3/-/E, 20x20 cm colocadas en capa fina con adhesivo cementoso normal, C1, gris, sobre capa de regularización de mortero M-5, rejuntadas con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta (entre 3 y 15 mm), con la misma tonalidad de las piezas.			
Suelos			
- Base para pavimento interior de mortero autonivelante de cemento, tipo CT C20 F6 según UNE-EN 13813, de 40 mm de espesor, vertido sobre lámina de aislamiento para formación de suelo flotante, mediante aplicación mecánica (con mezcladora-bombeadora).	RSB020	m ²	7,97
- Capa fina de pasta niveladora de suelos Weber.floor Top "WEBER CEMARKSA", tipo CT-C20-F5-A9 según UNE-EN 13813, de 2 mm de espesor, aplicada manualmente, para regularización y nivelación de la superficie soporte interior de hormigón o mortero, previa aplicación de 200 g/m ² de imprimación tapaporos y puente de adherencia, Weber TP "WEBER", que actúa como puente de unión (sin incluir la preparación del soporte), preparada para recibir pavimento de parquet mosaico (no incluido en este precio).	RSA022	m ²	7,59
Suelos flotantes			
- Aislamiento térmico y acústico de suelos flotantes formado por panel rígido de lana de roca volcánica Rocksol -E- 2 525 "ROCKWOOL", según UNE-EN 13162, no revestido, de 15 mm de espesor, resistencia térmica 0,35 (m ² K)/W, conductividad térmica 0,041 W/(mK), cubierto con film de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir una solera de mortero u hormigón (no incluida en este precio).	NAL010_15ROCK	m ²	7,20
Acristalamiento			
- Doble acristalamiento Aislaglas, 4/12/4, con calzos y sellado continuo.	FVC010	m ²	32,21
- Doble acristalamiento Aislaglas, 6/10/10, con calzos y sellado continuo.	FVC010_6-10-10	m ²	66,76
- Doble acristalamiento Sonor (laminar acústico), Sonor 4+4/6/4 Templa.Lite, con calzos y sellado continuo.	FVC010_4+4-6-4	m ²	121,17

Fuente: Elaboración propia a partir del generador de precios del CYPECAD (Diciembre 2011)

Atendiendo los resultados de los análisis acústicos realizados previamente, los costes integrados de los principales elementos constructivos que dan cumplimiento a las distintas normativas se muestran en la Tabla 6.14. Aplicados en la vivienda típica, las diferencias permiten estimar el sobrecoste de soluciones constructivas que son habituales en este tipo de edificación.

Tabla 6.14 Coste integrado de los elementos constructivos

Costes de ejecución material (€/m ²)	
Particiones interiores	
Solución NBE-CA-88	
- División interior vertical de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, de 7cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: PTZ010_7	17.40
Solución DB-HR	
- División interior vertical de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, de 7cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: PTZ010_7BANDA	17.96
Separadoras de propiedades	
Solución NBE-CA-88	
- ½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de mortero (S-013). Claves CYPECAD: FFZ010	33.87
- División interior vertical de obra de fábrica de bloque macizo de hormigón de áridos ligeros, de 14cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: FFZ020	33.96
Solución DB-HR	
- Dos hojas, principal de ½ ladrillo perforado (métrico), sin cámara de aire, aislante térmico y ladrillo hueco (6 cm) enlucido (ME02.P.a). Claves CYPECAD: FFZ010 + NAF010 + FFR010_7 + NAP005(BANDA)	58.13

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Costes de ejecución material (€/m²)	
- Fachada de pared de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de caravista, de 11,5cm de espesor, con barrera de resistencia muy alta a la filtración (B3) formada por revestimiento continuo intermedio y aislamiento térmico. Trasdosado autoportante de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, y con revestimiento interior de guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: FFX010_11+RPE011+NAF010+FFR010_7	82.62
Separadoras de zonas comunes interiores o usuarios distintos	
Solución NBE-CA-88	
- ½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de yeso (S-013). Claves CYPECAD: PTZ010p5	29.54
- División interior vertical de obra de fábrica de bloque macizo de hormigón de áridos ligeros, de 14cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: PTZ020	20.27
Solución DB-HR	
- División interior vertical de doble tabique de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, con disposición de bandas elásticas en los encuentros con suelos, techos y otras particiones, con aislamiento térmico/acústico intermedio, y revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: PTZ010_7BANDA+NAO030+PTZ010_7BANDA	40.52
Separadoras de salas de máquinas	
Solución NBE-CA-88	
- Bloque hueco de hormigón de 29 cm con revestimiento continuo en una cara (S-028). Claves CYPECAD: PTZ020_30+RPG010ver	38.86
- División interior vertical de obra de fábrica de bloque hueco de hormigón convencional o de áridos densos, de 29cm de espesor, con revestimiento de guarnecido de yeso en ambas caras. Claves CYPECAD: PTZ020_30+RPG010ver+RPG010ver	46.72
Solución DB-HR	
- Dos hojas, principal de ½ ladrillo perforado (métrico), con aislante y ladrillo hueco (6 cm) enlucido; con banda elástica perimetral en la hoja interior (PV04.P.a). Claves CYPECAD: PTZ010p5+NAO030+PTZ010_7BANDA	52.10
- División vertical de doble tabique asimétrico formado por una hoja de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de 11,5cm de espesor, y otra de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco sencillo, de 5cm de espesor, con disposición de bandas elásticas en los encuentros con suelos, techos y otras particiones, con aislamiento térmico/acústico intermedio, y con revestimiento de guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: PTZ010p5+NAO030+PTZ010_4BANDA	49.33
Fachadas	
Solución NBE-CA-88	
- Obra vista de ½ pie ladrillo cerámico métrico, cámara de aislamiento térmico y placa de cartón yeso (C-011). Claves CYPECAD: FFX010_11 + FFW070 + NAO030	74.81
Solución DB-HR	
- Fachada de pared de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de caravista, de 11,5cm de espesor, con barrera de resistencia muy alta a la filtración (B3) formada por cámara de aire no ventilada y aislamiento térmico. Trasdosado autoportante de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, con revestimiento interior de guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: FFX010_11+RPE011+NAF010+FFR010_7	82.62
Elementos horizontales de separación	
Solución NBE-CA-88	
- Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos ligeros de 25cm de espesor, pavimento de tablero de madera colocado sobre aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: EHU020 + NAL010_15ROCK + RSA022	83.03
Solución DB-HR	
- Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, pavimento de piezas cerámicas colocado sobre una capa de mortero y aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: EHU020+RSB020+NAL010_15ROCK	83.41
Cubiertas planas	
Solución NBE-CA-88	
- Cubierta plana convencional, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, capa de impermeabilización, aislamiento térmico, barrera de vapor y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: QAB011	73.82
Solución DB-HR	

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Costes de ejecución material (€/m²)	
- Cubierta plana invertida, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entreligado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, aislamiento térmico, capa de impermeabilización y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso. Claves CYPECAD: QAB011_INV	75.52

Fuente: Elaboración propia

Atendiendo el programa de obra de la vivienda típica y su ubicación dentro de la promoción, los resultados de la cuantificación de los elementos constructivos se indican en la Tabla 6.15.

A partir de los costes integrados que se estimaron, en la Tabla 6.16 se presentan dos opciones con los sobrecostes mínimos y máximos que se pueden obtener para las soluciones constructivas adoptadas. La opción 1 se calculó para el mayor coste de la solución NBE y el menor de la solución

DB-HR, con lo que la diferencia en el sobrecoste del elemento analizado es mínima; en la opción 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. La tabla también incluye dos valores parciales y un total: el primero es el incremento en los costes de la vivienda sin considerar la fachada, el segundo es el sobrecoste de ésta, y finalmente se presenta el incremento total de la vivienda analizada.

Tabla 6.15 Cuantificación de los elementos constructivos en la vivienda típica

Elementos constructivos	Cantidad (m²)
Separadoras en áreas de igual uso	39.96
Separadoras en áreas de uso distinto	40.50
Separadoras de propiedades	29.36
Separadoras de zonas comunes interiores o usuarios distintos	13.36
Separadoras de salas de máquinas	NA
Fachadas	10.32*
	34.83**
Elementos horizontales de separación	86.35

*Superficie de acristalamiento

**Parte ciega

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.16 Sobrecoste de los elementos constructivos para la vivienda típica

Elemento constructivo		Cant. (m2)	Opción 1			Opción 2		
			NBE	DB-HR	Sobrecoste	NBE	DB-HR	Sobrecoste
Particiones interiores	mismo uso	40.0	695.3	717.7	22.4	695.3	717.7	22.4
	uso distinto	40.5	704.7	727.4	22.7	704.7	727.4	22.7
Separadoras	de propiedades	29.4	997.2	1706.8	709.7	994.5	1706.8	712.3
	de zonas comunes o usuarios distintos	13.4	394.8	541.5	146.7	270.9	541.5	270.6
Elementos horizontales		86.3	7169.6	7202.4	32.8	7169.6	7202.4	32.8
Cubiertas planas		14.4	1062.4	1086.9	24.5	1062.4	1086.9	24.5
Subtotal 1 (sin fachada)			11023.9	11982.7	958.8	10897.4	11982.7	1085.3
Sobrecoste €/m2					11.1			12.6
Fachadas		34.8	2605.6	2877.7	272.0	2605.6	2877.7	272.0
Acristalamiento		10.3	332.4	924.0	591.6	332.4	924.0	591.6
Subtotal 2 (fachada+acrist.)			2938.0	3801.7	863.6	2938.0	3801.7	863.6
Sobrecoste €/m2					10.0			10.0
Total			13962.0	15784.4	1822.4	13835.4	15784.4	1948.9
Sobrecoste €/m2					21.1			22.6

Fuente: Elaboración propia

Este análisis, ampliado a siete viviendas de la misma promoción pero de distinta superficie útil y con distintas condiciones de fachada, arroja resultados similares. La Tabla 6.17 muestran, además de la

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

vivienda típica, dos casos extremos: el primero corresponde a la vivienda de mayores dimensiones (superficie de 110 m²), posee una fachada con amplios acristalamientos y está alineada con una calle de gran circulación vehicular (Pere IV); el segundo es el de una vivienda ubicada al interior de la manzana y que tiene la menor superficie en el conjunto (ligeramente superior a los 50 m²). En este análisis, además del programa de obra, tiene especial importancia la ubicación de cada vivienda dentro de la edificación, ya que esto condiciona las prestaciones que deben proporcionar los elementos de separación vertical, en especial las fachadas.

Tabla 6.17 Sobrecostes de las viviendas

Tipo de vivienda	Opción 1					Opción 2					
	NBE	DB-HR	Sobrec*	Cc**	Vv***	NBE	DB-HR	Sobrec*	Cc**	Vv***	
Sup=110.33 m ²	Sin fachada	14092.5	14865.6	773.1	927.8	1280.3	13719.2	14898.9	1179.7	1415.7	1953.6
	Sobrecoste €/m2			7.0	8.4	11.6			10.7	12.8	17.7
	% sobrecoste					0.29%					0.44%
	Fachada	4178.6	6320.0	2141.3	2569.6	3546.1	4178.6	6320.0	2141.3	2569.6	3546.1
	Sobrecoste €/m2			19.4	23.3	32.1			19.4	23.3	32.1
	% sobrecoste					0.80%					0.80%
Total	18271.2	21185.6	2914.5	3497.4	4826.4	17897.8	21218.9	3321.1	3985.3	5499.7	
Sobrecoste €/m2			26.4	31.7	43.7			30.1	36.1	49.9	
% sobrecoste					1.09%					1.24%	
Sup=86.35 m ²	Sin fachada	11023.9	11982.7	958.8	1150.5	1587.7	10897.4	11982.7	1085.3	1302.4	1797.3
	Sobrecoste €/m2			11.1	13.3	18.4			12.6	15.1	20.8
	% sobrecoste					0.46%					0.52%
	Fachada	2938.0	3801.7	863.6	1036.4	1430.2	2938.0	3801.7	863.6	1036.4	1430.2
	Sobrecoste €/m2			10.0	12.0	16.6			10.0	12.0	16.6
	% sobrecoste					0.41%					0.41%
Total	13962.0	15784.4	1822.4	2186.9	3017.9	13835.4	15784.4	1948.9	2338.7	3227.5	
Sobrecoste €/m2			21.1	25.3	34.9			22.6	27.1	37.4	
% sobrecoste					0.87%					0.93%	
Sup=52.52 m ²	Sin fachada	6948.3	7681.9	733.6	880.3	1214.9	6750.7	7710.7	960.0	1151.9	1589.7
	Sobrecoste €/m2			14.0	16.8	23.1			18.3	21.9	30.3
	% sobrecoste					0.58%					0.76%
	Fachada	1915.4	2257.6	342.2	410.6	566.6	1915.4	2257.56	342.2	410.6	566.6
	Sobrecoste €/m2			6.5	7.8	10.8			6.5	7.8	10.8
	% sobrecoste					0.27%					0.27%
Total	8863.7	9939.5	1075.8	1290.9	1781.5	8666.1	9968.3	1302.1	1562.5	2156.3	
Sobrecoste €/m2			20.5	24.6	33.9			24.8	29.8	41.1	
% sobrecoste					0.85%					1.02%	

* Precio de ejecución material (PEM)

** 1.2 PEM

*** 1.38 Cc

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la Tabla 6.17, los sobrecostes son transformados en valor de venta al añadirles tanto el beneficio industrial y los gastos del constructor, como el beneficio y los gastos de promoción.

Teniendo como referencia un precio de compra-venta cercano a los 4.000 €/m² y de 14,6 €/m² para el alquiler, y considerando que la amortización se realiza durante toda la vida útil del inmueble, la tasa de rendimiento para repercutir los sobrecostes es de 0,36% mensual (4,46% anual). Estos precios se

obtuvieron de una búsqueda en internet de viviendas que contaran con algunas de las características de la vivienda típica y hubieran sido edificadas recientemente; la muestra constó de 66 viviendas en venta y 30 en alquiler, todas ellas ubicadas en el distrito de Sant Martí. Los precios promedio obtenidos son ligeramente menores que los reportados por el Ajuntament de Barcelona¹, pero teniendo en cuenta los decrementos sufridos por la contracción del mercado fueron considerados válidos.

Para obtener el incremento en el precio de compraventa de cada vivienda se realizó el producto del sobre coste de venta (Vv) por su respectiva superficie; al repercutir este producto por la tasa de rendimiento se obtuvo el incremento en el alquiler mensual para cada una de ellas (Tabla 6.18):

Tabla 6.18 Incrementos en los precios de compra-venta y alquiler

Tipo de vivienda	Superficie (m ²)	Valor de venta				Alquiler mensual	
		Solución 1		Solución 2		Solución 1	Solución 2
		€/m ²	%	€/m ²	%	€	€
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 ²					
Precio medio de compra-venta:		4007.00€/m ²					
$Int. mensual = \frac{Alquiler}{Compra - venta}$		0.36%					

Fuente: Elaboración propia

Dependiendo del programa de obra de cada vivienda, estas estimaciones pueden significar incrementos que se ubican entre 0,75% y el 1,3% del valor de compra-venta (0,97% en promedio), o de 6,5 a 20 €/mensuales adicionales cuando se tiene en alquiler (13 € de media). Para la vivienda típica, con superficie cercana a los 80m², el alquiler mensual tendría que verse incrementado en aproximadamente 11 € para compensar el sobre coste del mejor aislamiento.

A mediados de la década pasada, el Ministerio de Vivienda presentó un estudio de factibilidad económica que se basó en el análisis de 70 tipologías constructivas situadas en seis zonas geográficas diferentes (Domínguez y Frías, 2006; AFELMA, 2008). De él se desprende que para atender los requerimientos acústicos exigidos en el DB-HR, y sin incluir la fachada, el incremento del coste oscilaba entre 7,9 y 9,2 €/m² en edificios de viviendas colectivas; estos costes, al ser actualizados al 2008 representaban un promedio de 10,2 €/m², con un máximo de 11 €/m². El estudio concluía que los sobre costes no representaban un incremento importante respecto a los costes vigentes, y mucho menos respecto a los precios de venta, por lo que esperaban que el usuario potencial no tuviese dificultades económicas para asumir el incremento de coste de una vivienda con más calidad acústica.

¹ Xifres d'Habitatge. Indicadors del Pla D'habitatge de Barcelona (2011)

Al comparar estos costes con las estimaciones realizadas (Tabla 6.17 y Tabla 6.18) se puede observar que los resultados son similares, aun cuando en la investigación se analiza un solo tipo de solución constructiva y un número reducido de viviendas. En este sentido es necesario insistir en que aun cuando las soluciones analizadas son de uso común en las edificaciones actuales, los sobrecostes presentados se obtuvieron a partir de una casuística específica y no del total de casos posibles; sin embargo, son comparables a los presentados por otros estudios de factibilidad, por lo que se pueden considerar como parámetros válidos.

6.2 La encuesta y su aplicación

La encuesta, tal como fue planteada, proporciona información sobre la percepción de los encuestados con respecto a la contaminación acústica y su control en la vivienda, pero principalmente suministra lo necesario para estimar la DAP media y relacionarla tanto con las experiencias sonoras individuales como con las características socioeconómicas de cada participante. Después de las modificaciones que se realizaron como resultado de las pruebas a que fue sometida, la encuesta es la siguiente:

Encuesta: Viabilidad económica de las nuevas técnicas de aislamiento acústico

Buenos días/tardes, somos investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, estamos valorando la satisfacción que producen las mejoras en el aislamiento acústico de las viviendas. ¿Podría dedicarnos unos minutos? solo le haremos 16 preguntas totalmente anónimas y con fines académicos.

1. ¿Cree que el ruido es perjudicial para la salud?

SÍ	NO	NS/NC

2. ¿Qué tan ruidosa es su calle?

Nada ruidosa	Poco ruidosa	Ruidosa	Muy ruidosa	Excesivamente ruidosa	NS/NC

3. Cuando usted está dentro de su vivienda, con las ventanas cerradas ¿qué tan molesto es el ruido que percibe de la calle?

Nada molesto	Poco molesto	Molesto	Muy molesto	Excesivamente molesto	NS/NC

4. Cuando usted está dentro de su vivienda, con las ventanas cerradas ¿qué tanto le molestan las siguientes fuentes de ruido?

Fuente	Nada	Poco	Medianamente	Mucho	Excesivamente	NS/NC
Vehículos motorizados						
Bares y discotecas						
Ruido producido por los vecinos*						
Aglomeraciones de personas**						
Talleres e industrias						
Instalaciones del edificio***						
Otras						

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Indicar cuáles	
----------------	--

Televisión, voces, música, pisadas, etc. **Colegios, parques, personas en la calle, etc.*Bajantes, calderas, ascensores, etc.*

5. Si pudiese elegir una vivienda ¿qué importancia le daría al nivel de aislamiento acústico de la misma?

Ninguna	Poca	Mediana	Mucha	Muchísima	NS/NC

6. Extracción de la DAP

Con el uso de nuevos sistemas constructivos se podría modificar el nivel de aislamiento y reducir el ruido que se percibe dentro de su vivienda, con independencia de que éste provenga de la calle o de los vecinos. A continuación escuchará dos grabaciones del mismo sonido exterior, hechas dentro de dos viviendas que solo difieren en su nivel de aislamiento. Las grabaciones se hicieron estando las ventanas cerradas.

- Se le ponen los audífonos y se reproduce la grabación.

Según nuestras estimaciones modificar el aislamiento tendría un sobrecoste que se podría reflejar en un incremento de 5 a 17 euros al mes en los precios de alquiler. En el supuesto de que usted alquilase una vivienda con más aislamiento, y teniendo en cuenta los ingresos actuales en su hogar ¿estaría dispuesto/a a pagar 5 euros al mes por este cambio?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es afirmativa: ¿Y 17 euros más al mes?

SI: _____ NO: _____

7. En caso de que la respuesta sea negativa ¿Podría indicar cuál es el motivo por el que no está dispuesto a pagar más?

1. No percibo diferencias entre las viviendas mostradas	<input type="checkbox"/>
2. No lo considero importante	<input type="checkbox"/>
3. No estoy interesado en la reducción del ruido	<input type="checkbox"/>
4. Ya pago demasiado por la vivienda	<input type="checkbox"/>
5. El cambio ofrecido es insuficiente	<input type="checkbox"/>
6. El ruido no puede ser controlado por ese medio	<input type="checkbox"/>
7. Estoy dispuesto a pagar otra cantidad (especificar cantidad)	<input type="checkbox"/>
8. Otras (describir) _____	<input type="checkbox"/>
9. NS/NC	<input type="checkbox"/>

8. Por favor indique el nivel de estudios que ha terminado

Nivel de estudios	
Sin estudios	
Primaria	
Secundaria o ESO	
Bachillerato o formación profesional	
Primer ciclo universitario o diplomatura	
Segundo ciclo universitario o licenciatura	
Tercer ciclo universitario (máster o doctorado)	

9. ¿Cuál es su situación laboral actual?

Situación profesional	
Estudiante	
Ocupado (pasa a pregunta 11)	
Parado	
Pensionado o jubilado	
Otras (describir)	

10. Sólo si está ocupado ¿En qué trabaja? _____

- Directivo
- Profesional superior, científico o intelectual
- Profesional medio o técnico
- Administrativo
- Dependiente, trabajador de servicios de restauración, personales, de seguridad
- Trabajador cualificado de la industria manufacturera, la construcción
- Operador de maquinaria y equipos
- Trabajador no cualificado
- No aplica

11. ¿Cuál es su código postal? (si no sabe indicar el barrio o el distrito)

12. ¿Actualmente vive de alquiler o en propiedad?

Régimen de tenencia	
Propiedad	
Alquiler	
Otras (describir)	

13. ¿Ha realizado, o piensa realizar, alguna obra en su vivienda para aislarla del ruido procedente del exterior de la finca?

Sí

No

¿Qué obra?

14. Por favor indique el rango en que se ubica se edad

Rango (años)	Hasta 24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	>75

15. Finalmente ¿Podría señalar el rango en que se encuentra el ingreso neto mensual en su hogar?

Le recuerdo que la investigación sólo tiene fines académicos, por lo que agradecería su respuesta pues proporcionaría información muy valiosa para nuestros propósitos.

Nivel de ingresos netos mensuales en el hogar	
1. Menos de 600	
2. Entre 601 y 1.200	
3. Entre 1.201 y 1.800	
4. Entre 1.801 y 2.400	
5. Entre 2.401 y 3.000	
6. Entre 3.001 y 3.600	
7. Entre 3.601 y 4.200	
8. Entre 4.201 y 4.800	
9. Más de 4800	
10. NS/NC	

**EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA**

Anotar el sexo	Mujer _____	Hombre _____
Gracias por su tiempo y la información que nos ha proporcionado. PARA USO INTERNO		
Tipo de encuesta:	A_2	
Encuestador/a:	_____	
Clave de la encuesta:	_____	
Lugar de aplicación:	_____ dBA _____	

La Tabla 6.19 presenta la lista de variables extraídas de la encuesta y su codificación en campo.

Tabla 6.19 Lista de variables

	Variable	Codificación
Cod	Tipo de encuesta	A-1, A-2, B-1, B-2
P1_Creen	Creencia con respecto al ruido; efectos del ruido en la salud (Creencia_Ruido)	Si=1, No=2, No sabe/no contesta=0
P2_Calle	Percepción del ruido del exterior (Ruido_calle)	Nada ruidoso=1, Poco ruidoso=2, Ruidoso=3, Muy ruidoso=4, Excesivamente ruidoso=5, NS/NC=0
P3_Moles	Molestias en la vivienda ocasionadas por el ruido aéreo que proviene de la calle (Moles_calle)	Nada molesto=1, Poco molesto=2, Molesto=3, Muy molesto=4, Excesivamente molesto=5, NS/NC=0
P4_Veh	Molestia producida por el ruido de los vehículos (Moles_veh)	
P4_Bar	Molestia producida por el ruido de lugares de ocio y esparcimiento (Moles_bares)	
P4_Vec	Molestia producida por el ruido de los vecinos (Moles_vecinos)	
P4_Aglom	Molestia producida por el ruido de la concentración de personas (Moles_aglom)	Misma codificación
P4_Taller	Molestia producida por actividades productivas (Moles_ind)	
P4_Edific	Molestia producida por el funcionamiento del edificio (Moles_edif)	
P4_Otras	Molestias producidas por otras fuentes no identificadas (Moles_otras_fuentes)	
P5_Imp_ais	Importancia del ambiente acústico de la vivienda (Importancia_aislam)	Ninguna=1, Poca=2, Mediana=3, Mucha=4, Muchísima=5, NS/NC=0
P6_Of_ini	Respuesta a la oferta inicial (res1)	Si=1, No=0
P6_Of_fin	Respuesta a la oferta final (res2)	Si=1, No=0
Salida	Tipo de oferta presentada inicialmente	Of_min, Of_máx
Can_min	Límite inferior del rango de la oferta	5 €/mes, 11 €/mes
Can_max	Límite superior del rango de la oferta	17 €/mes, 23 €/mes
P7_NoDAP	Motivo de la negativa (según las repuestas a las preguntas de valoración)	No percibo diferencias entre las viviendas mostradas=1, No lo considero importante=2, No estoy interesado en la reducción del ruido=3, Ya pago demasiado por la vivienda=4, El cambio ofrecido es insuficiente=5, El ruido no puede ser controlado por ese medio=6, Estoy dispuesto a pagar otra cantidad (especificar cantidad)=7, Otra=8, NS/NC=0
P9_Estudi	Nivel de estudios del encuestado (Estudios_finalizados)	Sin estudios=1, Primaria=2, Secundaria o ESO=3, Bachillerato o formación profesional=4, Primer ciclo universitario o diplomatura=5, Segundo ciclo universitario o licenciatura=6, Tercer ciclo universitario (máster o doctorado)=7
P10_Ocup	Situación laboral del encuestado (Condicion_lab)	Estudiante=1, Ocupado =2, Parado=3, Pensionado o

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	Variable	Codificación
P11_Traba	Ocupación del encuestado; condicionada a la situación laboral (Trabajo_actual)	jubilado=4, Otra= 5 Directivo=1, Profesional superior, científico o intelectual=2, Profesional medio o técnico=3, Administrativo=4, Dependiente, trabajador de servicios de restauración, personales, de seguridad=5, Trabajador cualificado de la industria manufacturera, la construcción=6, Operador de maquinarias y equipos=7, Trabajador no cualificado=8, No contesta=0
P12_CP	Lugar de residencia del encuestado (Resident_SM)	Barrio, distrito o código postal. Introducida posteriormente como variable ficticia de la siguiente manera: Residente de Sant Martí (Res_SM)=1 o 0 Residente de L'Eixample (Res_Ex)=1 o 0 Residente de otros distintos (Res_otro)=1 o 0
P13_Alq_prop	Régimen de tenencia de la vivienda (Tenencia_viv)	Propiedad=1, Alquiler=2, Otra=3. Recodificada como: Propietario=1, Alquiler (otro)=0
P14_Obra	Obras de aislamiento en la vivienda; sensibilidad ante el ruido (Obras_aisla)	Si=1, No=0
P15_Edad	Edad del encuestado (Edad_encues)	Hasta 24=1, 25-34=2, 35-44=3, 45-54=4, 55-64=5, 65-74=6, Más de 75=7
P16_Ingre	Ingresos familiares mensuales en € (Ingresos_encues)	Menos de 600 = 1, 601-1200 = 2, 1201-1800 = 3, 1801-2400= 4, 2401-3000= 5, 3001-3600= 6, 3601-4200= 7, 4201-4800=8, Más de 4800= 9, NS/NC=0
P17_Sex Sitio	Sexo del encuestado (Sexo_encues) Lugar de aplicación de la encuesta (Aplicacion_SM)	Mujer=2; Hombre=1 Calle, plaza, jardín, etc. del sitio de aplicación. Introducida posteriormente como variable ficticia de la siguiente manera: Aplicada en Sant Martí (Aplic_SM)=1 o 0 Aplicada en L'Eixample (Aplic_Ex)=1 o 0 Aplicada en otros distintos (Aplic_otro)=1 o 0
dBA	Nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta	Registro del sonómetro o del mapa estratégico de ruido según la ubicación

Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Aplicación a la muestra de la población.

A partir del mes de mayo y hasta la primera mitad del mes de junio del 2012 se recorrieron los lugares previamente identificados, aplicando un total de 306 encuestas.

Un primer aspecto que destacó fue la interacción que se dio con el encuestado. En general hubo una buena colaboración y el objeto de estudio fue de interés, ya que se mostraron receptivos y aceptaron escuchar la grabación utilizada como escenario de valoración, herramienta que facilitó que expresaran su DAP.

Se observó que no era necesario hacer una presentación extensiva, tal como se fijó inicialmente en el párrafo introductorio de la encuesta (alargaba innecesariamente el tiempo de aplicación), y que en algunos casos era necesario utilizar un lenguaje más convencional para dirigirse a los encuestados; atendiendo lo anterior se logró una mejor comunicación y un entendimiento óptimo de las preguntas. Sin

embargo, en algunos casos se corría el riesgo de convertir la entrevista en una conversación coloquial, situación que buscó evitarse pues se podría inducir algún tipo de sesgo; esto se controló rencauzando la atención a través de la invitación que se hacía a responder de manera específica las preguntas.

Finalmente, relacionado con el nivel adquisitivo pero sobre todo con el escenario y las ofertas presentadas (un incremento entre el 1 y 2,1% en alquiler mensual de la vivienda tipo), se observó que los encuestados admitían con relativa facilidad el planteamiento contingente que se presentó. Debido a que la aceptación era inesperadamente alta, en la etapa inicial de la aplicación se intuyó que los encuestados podrían no tener en consideración su restricción presupuestal a pesar de que se insistía en ello y que la simulación acústica resultaba muy específica, por lo que los resultados de la DAP podrían distorsionarse parcialmente.

Con motivo de lo anterior, y para observar si la simulación induce algún sesgo, a un subgrupo de la muestra se le aplicó la encuesta sustituyendo el escenario de valoración; en este caso no se reprodujo la simulación y en su lugar se ofreció una reducción en el nivel de ruido consistente en pasar del horario diurno al nocturno en el mismo día laboral, tal como lo plantearon Barreiro *et al.*(2005) y Marmolejo y Romano (2009) en sus respectivas investigaciones; este cambio, de acuerdo a los niveles indicados en el mapa estratégico de ruido es equivalente al ofrecido cuando se utiliza la simulación. En este caso la pregunta de valoración fue la siguiente:

Con el uso de nuevos sistemas constructivos se podría modificar el nivel de aislamiento y reducir el ruido que se percibe dentro de su vivienda, con independencia de que éste provenga de la calle o de los vecinos. Según nuestras estimaciones, aumentar el aislamiento tendría un sobre coste que se podría reflejar en un incremento de X_1 a X_2 euros al mes en los precios de alquiler. Con ese aumento de aislamiento, la sensación correspondería a reducir el nivel de ruido desde una hora pico de tránsito vehicular hasta el que corresponde a las 10 de la noche. En el supuesto de que usted alquilase una vivienda con más aislamiento, y teniendo en cuenta los ingresos actuales en su hogar ¿estaría dispuesto/a a pagar X euros al mes por este cambio?

De esta manera, se aplicaron 238 encuestas con grabación y 68 sin grabación; en el primer caso se obtiene un nivel de confianza del 90% y un $\pm 5\%$ de error, mientras que el segundo segmento corresponde a un nivel de confianza del 90% y $\pm 10\%$ de error.

De las 306 encuestas aplicadas, el 49,1% fue tipo R-I (clasificación del rango de la oferta) y el restante 50,9% fue R-II.; la distribución de las observaciones puede apreciarse a continuación (Tabla 6.20):

Tabla 6.20 Distribución de observaciones por rango de oferta

Rango (Incremento en €/mes)	Oferta inicial	Respuestas positivas				Respuestas negativas		Muestra total*	
		Oferta máx.		Oferta mín.		Frec.	%	Frec.	%
		Frec.	%	Frec.	%				
R-I (5-17)	5 17	47 56	32,4 38,6	16 10	11,0 6,9	10 6	6,9 4,1	145	47,7
R-II (11-23)	11 23	47 49	29,6 30,8	26 10	16,4 6,3	14 13	8,8 8,2	159	52,3

*Después de eliminar dos observaciones.

Fuente: Elaboración propia

De la muestra de 306 encuestas fueron eliminadas dos observaciones pues los participantes decidieron expresar una disposición a pagar muy por encima de las de las ofertas presentadas (Tabla 6.21); en pruebas preliminares se pudo comprobar que estos valores distorsionaban las estimaciones. En las 304 restantes se obtuvieron 261 respuestas positivas a las ofertas presentadas (85,9%) y 43 negativas (14,1%).

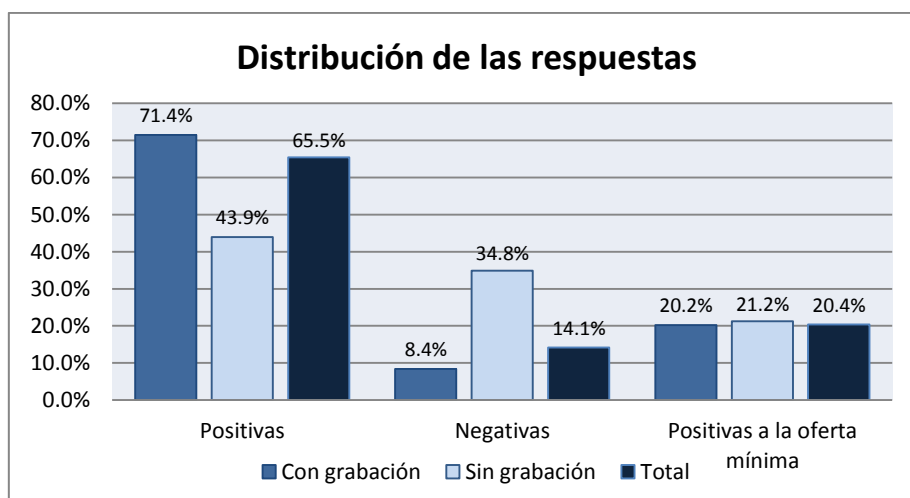
Tabla 6.21 Distribución de las respuestas obtenidas a la pregunta de valoración

Escenario	Respuesta positivas				Respuestas negativas		Total	
	Oferta máxima		Sólo a la oferta mínima		Frec.	%	Frec.	%
	Frec.	%	Frec.	%				
Con grabación	170	71.4	48	20.2	20	8.4	238	100
Sin grabación	29	43.9	14	21.2	23	34.8	66	100
Total	199	65.5	62	20.4	43	14.1	304	100

Fuente: Elaboración propia

Con ambos escenarios de valoración (usando la grabación y sin hacerlo), las respuestas positivas superaron a las negativas, pero cuando no se recurrió a la grabación el porcentaje de respuestas negativas fue considerablemente más alto, lo que inicialmente sugiere que su uso facilita que los encuestados emitan una respuesta favorable, posiblemente porque el escenario permite apreciar un cambio significativo en las condiciones acústicas de la vivienda, además de que reduce considerablemente la subjetividad en la evaluación (Gráfico 6.1).

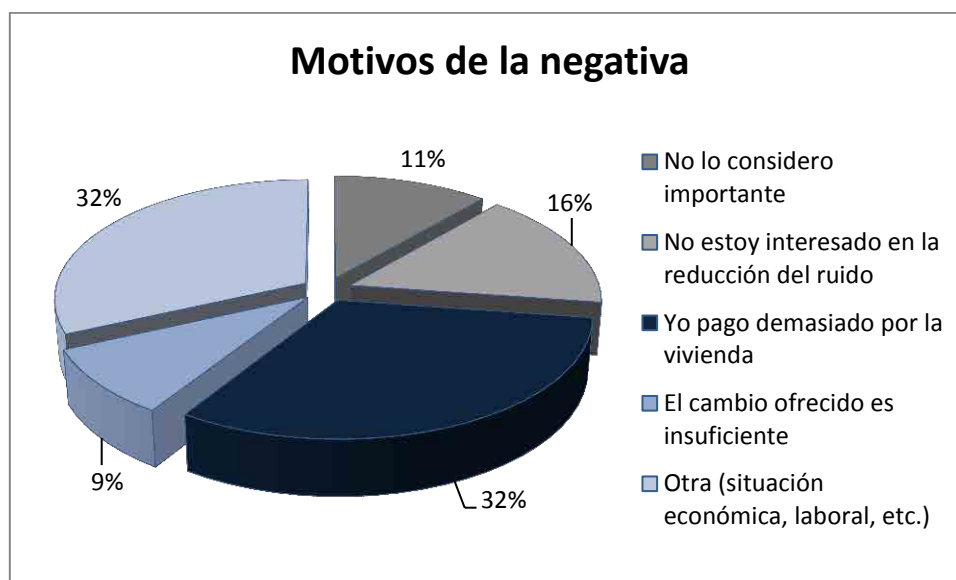
Gráfico 6.1 Respuestas a la pregunta de valoración



Fuente: Elaboración propia

De las 43 respuestas negativas, el 27,9% fue catalogado como ceros verdaderos y el 72,1% restante como protestas. Los motivos principales de éstas fueron de tipo económico, pues argumentaron que “ya se paga demasiado por la vivienda” (32,3%) y “la situación económica/laboral actual no lo permite” (23,3%). En un 9,3%, las negativas podrían asociarse a la presentación del ejercicio, pues cuatro personas respondieron que el cambio ofrecido no es suficiente (Gráfico 6.2).

Gráfico 6.2 Respuestas negativas



Fuente: Elaboración propia

El que sólo el 27,9 % de las personas que no mostraron una disposición a pagar (3,9% de la muestra) haya sido catalogado como una disposición nula real indica que el tema tiene vigencia y es relevante. De esta información preliminar se puede inferir que una parte importante de la población, al estar en su residencia, se siente afectada por el ruido que proviene de la calle y en consecuencia estaría dispuesta a tomar algunas medidas para habitar viviendas que acústicamente sean más confortables.

En general, al finalizar con la aplicación las encuestas, las principales conclusiones que se extrajeron fueron las siguientes:

- hubo una buena colaboración de la población,
- el tema es de interés para la mayoría de las personas,
- se captó de manera adecuada el contenido y sentido de la encuesta,
- cuando se utilizó la simulación acústica se presentó un alto porcentaje de aceptación del escenario de valoración y de las ofertas presentadas, lo que se ve reflejado en la DAP.

6.3 Análisis estadístico de datos

6.3.1 Descripción de la muestra

La Tabla 6.22 muestra los estadísticos básicos de las variables socioeconómicas que se recogieron en la encuesta.

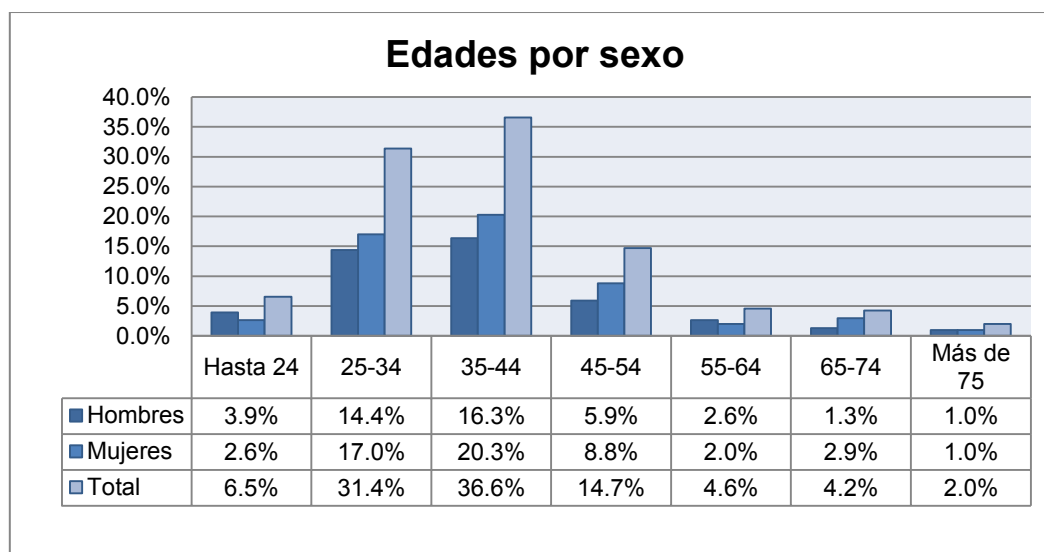
Tabla 6.22 Estadísticos básicos de las variables socioeconómicas

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Edad del encuestado				
<i>Edad_encues</i>	39.09868	12.50439	21	79
Sexo del encuestado				
<i>Sexo_encues</i>	.5460526	.4986955	0	1
Nivel de estudios concluido				
<i>Est_fin_cod</i>	2.427632	.6660258	1	3
Ingreso mensual familiar				
<i>Ingresos_encues</i>	1884.441	1072.935	600	4800
Lugar de residencia				
<i>Resident_SM</i>	.3848684	.4873664	0	1
<i>Resident_Lex</i>	.2039474	.4035947	0	1
<i>Resident_otro</i>	.4144737	.4934432	0	1
Tipo de tenencia de la vivienda				
<i>Tenencia_viv</i>	.5526316	.498042	0	1

Fuente: Elaboración propia a partir del STATA

De los 306 encuestados, el 54,6% fueron mujeres y el 45,4% hombres. En cuanto a la edad, el 74,5% se ubicó por debajo de los 45 años (el grupo más numeroso fue el de las mujeres entre 35 y 44 años), cumpliendo así con lo extraído del perfil de los posibles demandantes de viviendas de alquiler en cuanto a que la solicitud proviene mayoritariamente de gente joven (Gráfico 6.3).

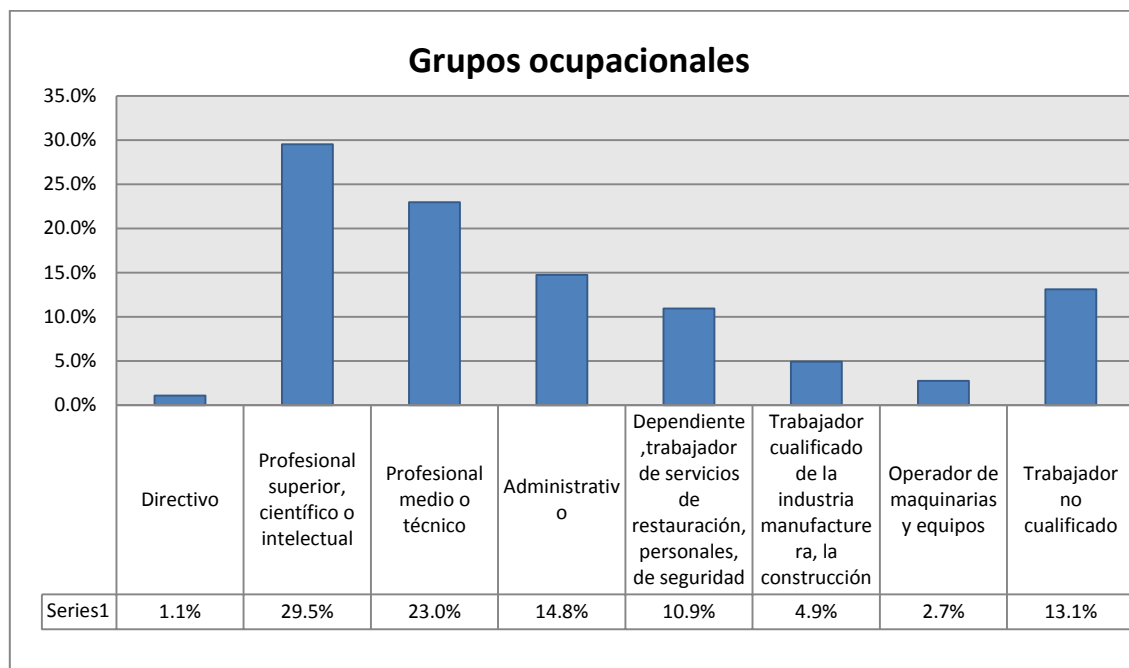
Gráfico 6.3 Grupos de edad



Fuente: Elaboración propia

El 52,6% indicó tener al menos estudios universitarios o diplomatura y sólo el 2% manifestó no haber realizado algún tipo de estudio. El 69,7% de esta población percibía algún ingreso, ya sea por estar laborando o por ser pensionado; sólo el 60,1% dijo tener trabajo, y de estos el 52,5% se desempeña como directivo o profesional medio y superior (Gráfico 6.4).

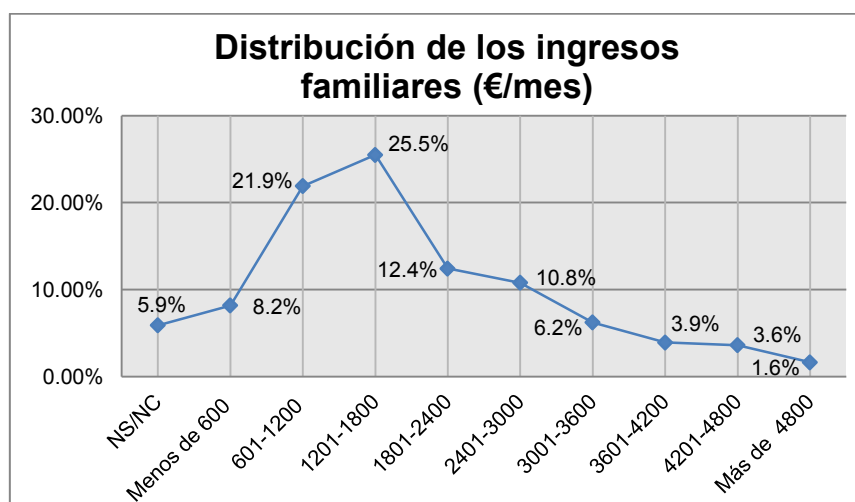
Gráfico 6.4 Ocupaciones de la población



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los ingresos familiares percibidos, 18 personas (5,88%) se negaron a responder esta pregunta; la población restante indicó, en un 55,56%, que sus ingresos no superan los 1.800 €/mensuales/familia y sólo el 9,15% señaló que sus ingresos familiares mensuales superan los 3.600 € (Gráfico 6.5).

Gráfico 6.5 Ingresos familiares

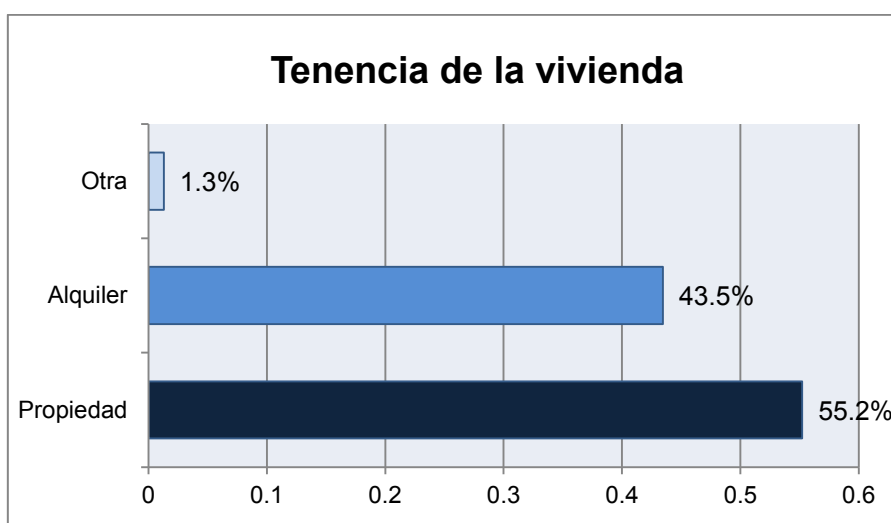


Fuente: Elaboración propia

Ya que una parte importante de los encuestados (al menos 46.4 %) reportaron ser asalariados que trabajaban para otra persona y que la moda de los ingresos familiares mensuales está en el rango de los 1200 a los 1800 €/mes, se corrobora lo indicado por estudios previamente realizados sobre el perfil de los demandantes de vivienda.

Con respecto al régimen de tenencia de la vivienda, el 55,2% de los encuestado indicó ser propietario, el 43,5% inquilino y el 1,3% estar en otro tipo de régimen (Gráfico 6.6). Esta información confirma el planteamiento inicial incluido en la encuesta, pues el alquiler de vivienda es una estrategia residencial a la cual recurre un mayor número de personas en los años recientes.

Gráfico 6.6 Tenencia de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al lugar de residencia, un 38,5% de los encuestados dijo vivir en el distrito de Sant Martí y un 20,4% en L'Eixample.

6.3.2 Fuentes y efectos del ruido

El tema de estudio parece tener relevancia para la población, pues una parte muy significativa de los encuestados (95,4%) consideró que el ruido es perjudicial para la salud. Asimismo, la importancia que se da al silencio es elevada ya que al preguntar por el interés en el aislamiento acústico al momento de elegir una vivienda, el 79,1 % de los encuestados contestó que este factor es muy importante (Gráfico 6.7).

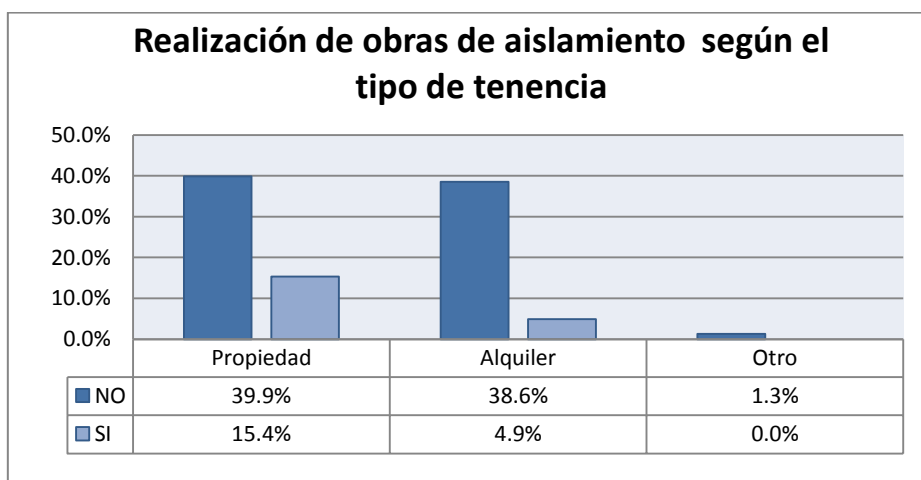
Gráfico 6.7 Importancia del aislamiento



Fuente: Elaboración propia

Con independencia de que la vivienda que habitan sea propia o en alquiler, el 20,3% manifestó haber realizado algún tipo de obra para aislarla del ruido (Gráfico 6.8); las obras realizadas están enfocadas principalmente a reducir el ruido que proviene de la calle, ya que el 83,3% de los trabajos consistió en el cambio o ajuste de carpinterías y acristalamientos.

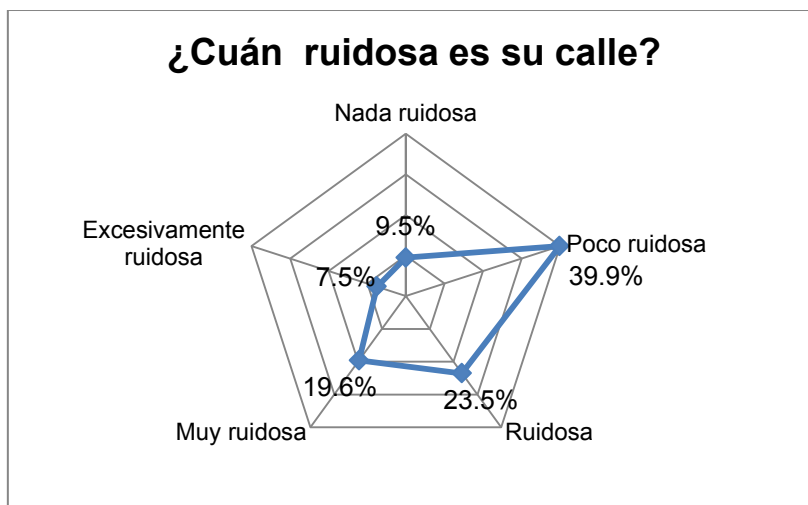
Gráfico 6.8 Obras de aislamiento



Fuente: Elaboración propia

A la pregunta de cuán ruidosa es la calle en donde habitan, prácticamente la mitad de los encuestados (49.4%) la percibe como poco o nada ruidosa (Gráfico 6.9). En cuanto a las molestias producidas por el ruido originado en la calle y que se perciben estando en la vivienda con las ventanas cerradas, el 73% indicó que éstas son pocas o inexistentes.

Gráfico 6.9 Percepción de la calle



Fuente: Elaboración propia

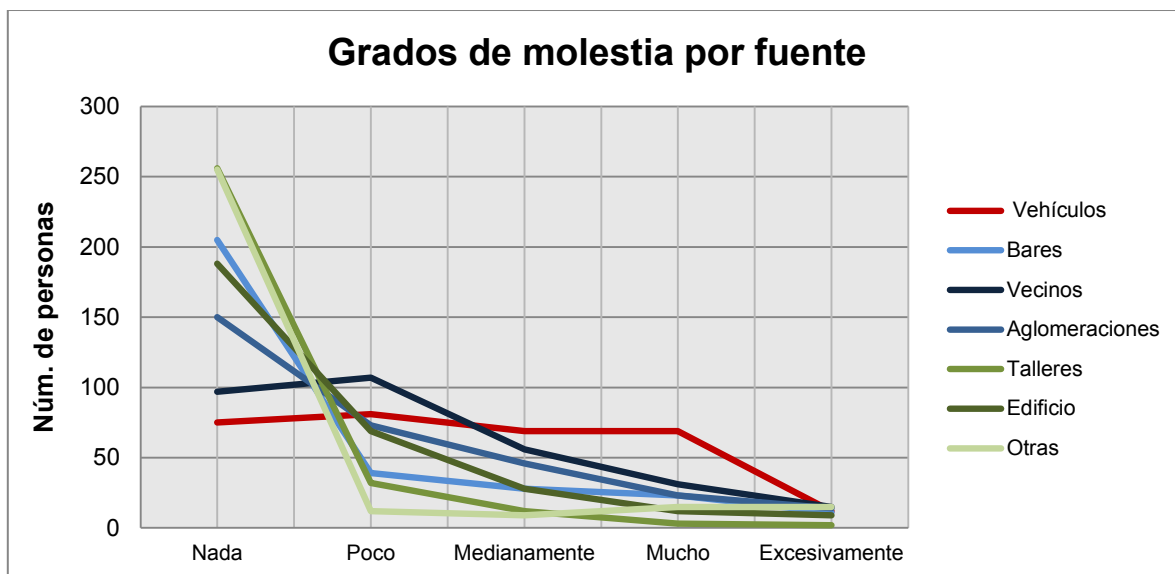
Al preguntar por las molestias pero diferenciando por fuentes, se obtuvo que los vehículos motorizados son la principal fuente de ruido (Tabla 6.23, Gráfico 6.10), comprobando con ello el supuesto utilizado para elaborar la simulación acústica. En cuanto a las fuentes que la propia población menciona y que no fueron identificadas previamente -51 casos-, las obras en construcción (25,5%), la recogida de basura (13,7%) y las sirenas de los vehículos de urgencia (11,8%) son las principales, pudiendo ser mucho o excesivo el grado de molestia que causan.

Tabla 6.23 Relación entre fuentes y molestia

Grado de molestia	Fuente (Frecuencias)						
	Vehículos	Bares	Vecinos	Aglomeración	Talleres	Edificio	Otras
Nada	75	205	97	150	256	188	255
Poco	81	39	107	73	32	69	12
Medianamente	69	28	56	46	12	28	9
Mucho	69	23	31	23	3	12	15
Excesivamente	12	11	15	14	2	9	15
Puntuación prom.	2.55	1.68	2.22	1.95	1.24	1.64	0.93
Desv. est.	1.20	1.13	1.14	1.16	0.64	1.00	1.69

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6.10 Molestias por fuente



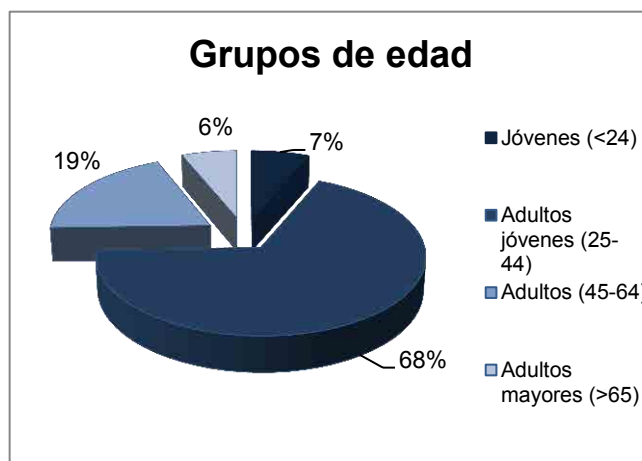
Fuente: Elaboración propia

Para establecer alguna relación entre estas variables se utilizó el coeficiente de especialización y el coeficiente de correlación de Spearman. El primero permite identificar si algún grupo de la muestra se encuentra fuera de la media del conjunto, mientras que el análisis de correlación permite verificar la asociación estadística entre variables, en este caso entre las características sociodemográficas de los encuestados y la forma en que perciben y reaccionan a las condiciones acústicas que tienen que afrontar en su vivienda.

Inicialmente se agrupó a los participantes en cuatro rangos de edad (Gráfico 6.11) y en cuatro niveles educativos. Al emplear el coeficiente de especialización (Tabla 6.24) se detectó que el grupo de edad que más molestias refiere es el de los adultos mayores, probablemente por encontrarse más tiempo dentro de las viviendas. Asimismo, el grupo que más importancia da al aislamiento en la vivienda es el de los adultos entre 45 y 64 años; por otra parte, al incrementar el nivel educativo de nueva cuenta parece repetirse la tendencia de dar más importancia al aislamiento con que

cuenta la vivienda. Lo anterior parece confirmar que el desarrollo de actividades cotidianas dentro de la vivienda, como podrían ser la lectura o el descanso, se ve interferido por el ruido que se percibe del

Gráfico 6.11 Grupos de edad



Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

exterior, y en consecuencia se busca minimizar su impacto. Con este indicador no se detectaron otras variables que asuman valores atípicos.

Tabla 6.24 Coeficientes de especialización

Grupo de edad	Grado de molestia				
	Nada	Poco	Molesto	Muy molesto	Excesivamente
Jóvenes	1.4	1.1	0.3	0.7	0.0
Adultos jóvenes	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1
Adultos	1.1	0.9	1.1	1.0	0.7
Adultos mayores	0.9	0.9	0.9	1.5	2.3
Grupo de edad	Importancia del aislamiento				
	Ninguna	Poca	Mediana	Mucha	Muchísima
Jóvenes	0.0	2.8	1.3	0.9	0.8
Adultos jóvenes	1.1	0.9	1.1	1.0	0.9
Adultos	0.0	0.5	0.7	1.0	1.3
Adultos mayores	4.6	1.5	1.1	0.9	0.9
Nivel de estudios	Importancia del aislamiento				
	Ninguna	Poca	Mediana	Mucha	Muchísima
Sin estudios	0.0	4.6	1.1	0.7	1.1
Básicos	1.9	1.6	1.0	1.0	0.8
Profesionales	0.4	0.3	0.9	1.0	1.2
Posgrado	0.0	0.5	1.3	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la asociación de variables, en una primera aproximación no se obtuvo alguna correlación significativa entre las socio-demográficas y aquellas que proporcionan información sobre cómo se percibe al ruido; las posibles asociaciones que se observan sólo se dan entre las variables del mismo tipo, es decir, socio-demográficas/socio-demográfica o percepción-fuente.

En el caso de las socio-demográficas, todas las correlaciones son débiles o moderadas. Teniendo en cuenta la codificación de cada variable (Tabla 6.19), las principales 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, al incrementar la edad éstos se han incorporado a las actividades productivas y en consecuencia es más fácil que adquieran una vivienda, 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 relación estadística positiva entre pagar más por una vivienda mejor aislada y tener mayores ingresos y formación académica (Tabla 6.25).

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.25 Correlaciones entre variables socio-demográficas

	P15 edad ⁺	P16 ingresos ⁺⁺	P13 tenencia	Res SM ⁺⁺⁺	P9 estudios	P10 conlab
P17_sexo (Mujer=2; Hombre=1)		-.150**				
P13_tenencia (Propietario=1; Alquiler=0)	-.322**	-.237**				
P9_estudios (Sin estudios=1; Básicos=2; Profesionales=3; Posgrado=4)	-.125*	.346**		-.199**		
P10_conlab (Estudiante=1; Ocupado=2; Parado=3; Pensionado o jubilado=4; Otra=5)	.444**	-.165**	-.152**	.146*	-.298**	
P11_trabajo (Directivo=1; Profesional superior=2; Profesional medio=3; Administrativo=4; Dependiente=5; Trabajador cualificado=6; Operador de maquinarias y equipos=7; Trabajador no cualificado=8)				.165*	-.293**	-.371**
Res_fin_or (Respuesta final ordinal)		.249**			.222**	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

⁺Jóvenes=1; Adultos jóvenes=2; Adultos=3; Adultos mayores=4

⁺⁺ Menos de 600 = 1; 601-1200 = 2; 1201-1800 = 3; 1801-2400 = 4; 2401-3000 = 5; 3001-3600 = 6; 3601-4200 = 7; 4201-4800 = 8; Más de 4800 = 9;

NS/NC=0

⁺⁺⁺ Residente de Sant Martí

Fuente: Elaboración propia a partir del SPSS

Las correlaciones entre variables de percepción y sensibilidad al ruido se presentan en la Tabla 6.26. Se puede observar que la percepción de cuán ruidosa es la calle está correlacionada positivamente con las molestias en el hogar. A su vez, la consideración de cuán ruidosa es la calle está asociada principalmente a los vehículos motorizados, mientras que la fuente que más molestias generan en el hogar de nueva cuenta son los vehículos, que se suma al ruido producido por actividades sociales (bares y aglomeraciones) y en menor medida, al que se origina al interior de la edificación (vecinos).

Tabla 6.26 Correlaciones entre variables de sensibilidad y percepción

	P2 calle	P3 molestia	P4 veh	P4 bares	P4 vecinos	P4 aglomer
P3 molestia	.570**					
P4 veh	.440**	.567**				
P4 bares	.155**	.326**	.224**			
P4 vecinos	.116*	.225**	.151**	.191**		
P4 aglomer	.184**	.384**	.237**	.325**	.290**	
P4 edificio		.158**			.299**	.306**
P5 impaisla	.163**	.195**	.132*			
P9 estudios	.130**	.189**				
Res_SM		-.136*	-.126*		-.209**	
Res_Ex	.180**					
P14 obras	.170**	.186**	.183**			
Aplic SM	-.140*	-.128*	-.113*		-.161**	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, a pesar de que las correlaciones son débiles, al crecer el grado de molestia se da más importancia al aislamiento de la vivienda y se está más dispuesto a tomar alguna medida para reducir el ruido que se percibe. De esta manera, los valores obtenidos soportan la idea que el escenario planteado representa condiciones que no son ajenas a los participantes y que sus respuestas son consistentes con la teoría.

En general, según lo expresado, el distrito de L'Eixample se percibe como más ruidoso en comparación a otros, situación que podría estar relacionada, dejando su situación más central, y por ende más transitada, tanto a la edad de las edificaciones y su estado de conservación, como en su tipología; en ese sentido, una parte importante del parque de viviendas del distrito de Sant Martí es más reciente, por lo que en su construcción se podrían haber incorporado tecnologías más eficientes, además de que la tipología edificatoria no necesariamente es la alineación con la calle y entre medianeras.

6.4 Estimación de la DAP

En los modelos analizados, la variable dependiente fue la disposición a pagar por la vivienda que presenta un aislamiento acústico más eficiente, mientras que las variables independientes fueron aquellas que se relacionan con la percepción del ruido en el entorno residencial, las prestaciones de la vivienda y las características sociodemográficas de la población.

Dentro de las características sociodemográficas, los ingresos han demostrado ser una variable que está estrechamente vinculada a la disposición a pagar. Sin embargo, como se esperaba, una parte de los encuestados reusó dar información al respecto, por lo que previo a la realización de cualquier análisis o estimación se desarrollaron algunos modelos de regresión lineal para tener una aproximación de los ingresos de los 18 participantes que se negaron a responder. Con este procedimiento se busca no disminuir el tamaño de la muestra y no eliminar de las estimaciones una variable que puede ser relevante.

El método utilizado para estimar los modelos lineales de regresión fue el de pasos sucesivos; en el modelo final la constante es no significativa (0.704), y como variables independientes significativas se incluyen a los estudios finalizados, el tipo de tenencia de la vivienda, el sexo del encuestado y el lugar de residencia. De esta manera, los ingresos no capturados durante la aplicación de la encuesta se estimaron mediante la expresión:

Ingresos familiares

$$= 669.803 (\text{Estudios finalizados}) + 720.538 (\text{Tipo de tenencia de la vivienda}) \\ - 331.622 (\text{Sexo del encuestado}) + 344.1 (\text{Residencia en Sant Martí})$$

Este modelo presenta una moderada capacidad de predicción ($R^2=0.272$), debido probablemente a que la información contenida en la encuesta no fue diseñada específicamente para este fin y en consecuencia la cantidad de variables utilizadas es reducido. Sin embargo, con cada variable introducida el modelo mejoró y los signos de los coeficientes son los teóricamente esperados, ya que el nivel

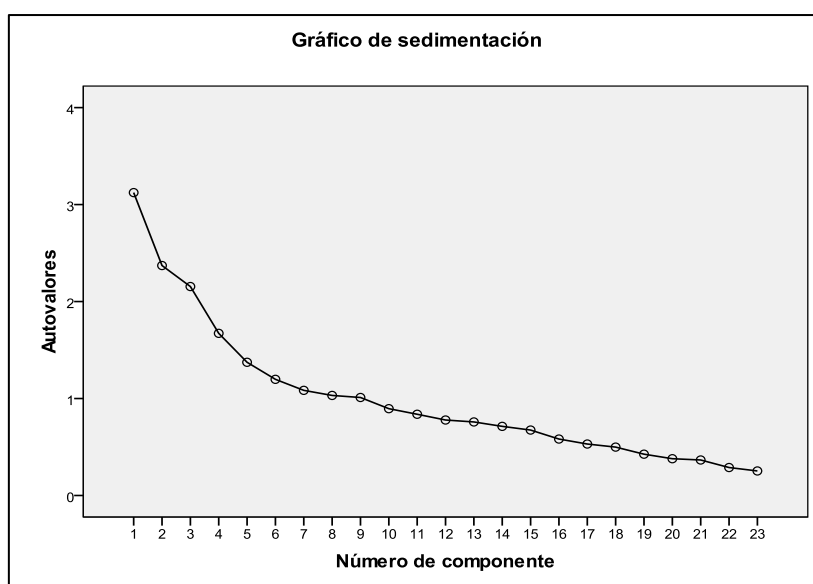
educativo y el sexo de los encuestados incrementan los ingresos, al igual que cuando se es propietario y se reside en zonas de la ciudad donde las edificaciones son recientes; esto último podría sugerir que los encuestados esperan obtener mayores prestaciones de las viviendas y que esto sea un reflejo de su estatus económico. Por ello, a pesar del valor que asume el estadístico, el modelo se utilizó como una aproximación de los ingresos.

Posteriormente, y como paso previo a la estimación de la DAP_{media} , se efectuó el análisis factorial de las variables capturadas. El motivo principal de llevar a cabo este procedimiento fue el de evitar la multicolinealidad en los modelos. Según Malhotra (2008), en todos los análisis de regresión que se realizan existen variables que están relacionadas; sin embargo la multicolinealidad surge cuando las correlaciones son muy altas, ocasionando imprecisión en el cálculo de los coeficientes de la regresión y dificultando la interpretación del papel que tiene cada variable independiente en el modelo.

Un primer análisis se realizó incluyendo las variables categóricas tal como fueron capturadas en la encuesta y posteriormente se llevó a cabo el análisis con las variables recodificadas para agruparlas en sólo dos categorías (presencia, o no, del atributo). A su vez la recodificación presenta dos casos: en el primero (_cod), las respuestas originales de las cinco categorías de una variable explicativa se agrupan para formar dos nuevas categorías, en donde el "0" incluye las respuestas comprendidas entre la ausencia del atributo y el punto medio de la escala (1-3), mientras que el "1" corresponde a la fuerte presencia del atributo (respuestas 4-5); en la segunda recodificación (_cod2), el "0" agrupa las respuestas 1-2, mientras que el "1" incluye las respuestas 3-5.

En el análisis factorial con variables sin recodificar, utilizando el valor propio de 1 como guía y la rotación varimax, se extrajeron nueve factores que explican el 65,3% de la varianza (Gráfico 6.12).

Gráfico 6.12 Gráfico de sedimentación (variables sin recodificar)



Fuente: SPSS

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

La medida de adecuación muestral (KMO) fue de 0,636, superior al 0,5 reconocido como mínimo recomendable. Todas las variables, con excepción de la “Última oferta presentada”, muestran valores de comunalidad por encima de 0,5 y los factores subyacentes pueden ser identificados con relativa facilidad en la matriz de componentes rotados (Tabla 6.27).

Tabla 6.27 Factores con las variables sin codificación especial

Factor	Variables	Componente								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Residencia en Sant Martí	.765								
	Residencia en L'Eixample	-.718								
	Aplicación en Sant Martí	.798								
	Aplicación en L'Eixample	-.771								
2	Percepción de la calle		.810							
	Molestias de la calle		.828							
3	Molestia de los vehículos		.748							
	Estudios finalizados			-.560						
4	Condición laboral			.809						
	Edad del encuestado			.826						
5	Molestia de bares				.672					
	Molestia por industrias				.723					
6	Creencia sobre el ruido					.807				
	Importancia del aislamiento					.774				
7	Tipo de tenencia de la vivienda						.671			
	Obras de aislamiento realizadas						.647			
8	Ingresos del encuestado						.581			
	Molestia por vecinos							.557		
9	Molestias por instalaciones							.579		
	Sexo del encuestado							.754		
8	Nivel de ruido dB(A)								.827	
	Última oferta presentada								-.482	
9	Uso de grabación en la encuesta									.852

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del SPSS

Los factores son:

1. Localización y residencia: Relaciona positivamente el sitio de residencia con el de aplicación de la encuesta, indicando que en la mayoría de los casos los encuestados viven en el distrito donde se les entrevistó.
2. Percepción del ruido de la calle: Relaciona la percepción de lo ruidosa que resulta la calle con las molestias producidas principalmente por los vehículos.
3. Condición socio-económica: Relaciona la condición laboral con la edad del encuestado y su formación académica, indicando que los adultos con mayor formación son los que están integrados a las actividades productivas.
4. Molestias producidas por actividades productivas y de ocio: Relaciona las molestias percibidas con fuentes de ruido ubicadas en el exterior de la vivienda, distintas a los medios de transporte.
5. Sensibilidad al ruido: Relaciona positivamente la importancia que se da a las condiciones acústicas de la vivienda con el reconocimiento de que el ruido afecta negativamente las condiciones de vida.
6. Medidas de mitigación: Relaciona las acciones realizadas para mitigar el ruido en la vivienda con el tipo de tenencia y los ingresos familiares.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

7. Molestias producidas al interior de la edificación: Relaciona positivamente las fuentes de ruido ubicadas al interior de la edificación con las molestias percibidas en la vivienda y el sexo del participante.
8. Contexto de valoración: Este factor da cuenta de las condiciones en que se da la encuesta; relaciona positivamente con el nivel de ruido en el sitio de aplicación y negativamente con la oferta presentada.
9. Escenario de valoración: Este factor sólo incluye la variable que da cuenta del escenario de valoración, y carga de manera positiva.

En este análisis, al eliminar las variables con baja comunalidad, se reduce el número de factores pasando a ocho pero la varianza explicada se reduce (62,7%), se dificulta la identificación de alguno de los factores y otras variables a su vez se ven disminuidas en la cantidad que pueden ser explicadas por los factores comunes a todas ellas, por lo que para las variables sin recodificar se adopta el resultado obtenido previamente manteniendo los nueve factores descritos.

Con las variables recodificadas, en el primer caso (_cod) se obtienen los siguientes resultados: nueve factores que explican el 62,5% de la varianza acumulada; la medida KMO de adecuación muestral fue de 0,612 y todas las variables, con excepción de las que identifican el escenario utilizado y la última oferta presentada, muestran valores de comunalidad superiores a 0,5. Con este manejo de variables la identificación de los factores subyacentes, aun siendo similar al anterior, presenta mayor dificultad por las cargas que se obtienen en algunas de estas variables (Tabla 6.28). Si se busca una fundamentación teórica, la integración y la posterior selección de la variable que represente a cada factor subyacente también presentan dificultades.

Tabla 6.28 Matriz de componentes rotados para las variables recodificadas (_cod)

Variables	Componente								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Creencia sobre el ruido	-.049	.053	.033	.127	-.040	.040	.822	-.158	.119
Percepción de la calle-codificada	-.096	.827	-.025	.019	-.003	.061	.007	.029	.038
Molestia de la calle-codificada	-.026	.580	-.147	-.093	.271	.166	.167	.217	-.102
Molestia de los vehículos-codificada	-.047	.777	.079	-.006	-.032	.000	.037	.042	-.036
Molestia de bares-codificada	-.032	.062	-.036	.051	.675	.051	.028	-.027	-.252
Molestia por vecinos-codificada	-.097	.149	-.080	-.070	.384	.637	.006	.051	.067
Molestia por industrias-codificada	.075	.000	.103	-.049	.723	.072	-.017	-.025	.244
Molestias por instalaciones-codificada	-.071	.139	-.126	.068	.156	.622	.057	.304	.047
Importancia del aislamiento-codificada	.051	.077	.139	-.002	.061	-.029	.797	.166	-.112
Estudios finalizados-codificada	-.173	.113	.710	-.342	-.012	-.004	.091	.020	-.010
Condición laboral-codificada	.015	.298	.210	.600	.160	-.125	-.046	-.338	.141
Residencia en Sant Martí	.761	-.106	.016	.009	-.128	-.009	.060	.187	.134
Residencia en L'Eixample	-.728	.085	.156	-.034	-.168	.099	-.051	-.102	.144
Tipo de tenencia de la vivienda	.121	-.232	.122	.649	-.168	.122	.042	.353	-.075
Obras de aislamiento realizadas	.063	.223	.188	.131	-.055	-.007	-.017	.685	-.004
Edad del encuestado-codificada	.081	-.015	-.186	.735	.011	.035	.125	.078	-.037
Ingresos del encuestado	.048	-.068	.663	.180	-.079	-.173	.079	.241	.069

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Sexo del encuestado	.123	-.073	-.018	.060	-.222	.729	-.046	-.285	-.087
Aplicación en Sant Martí	.815	-.060	.146	.092	-.081	.093	-.069	-.056	.113
Aplicación en L'Eixample	-.770	-.045	-.085	-.076	-.084	.021	.037	.191	.143
Nivel de ruido dB(A)-codificado	-.022	-.044	-.152	-.011	.000	.010	.012	.006	.877
Uso de grabación en la encuesta	.245	-.037	.418	.042	-.136	-.049	-.017	-.303	-.079
Última oferta presentada	.081	-.025	.575	.011	.206	-.016	.060	.042	-.204

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del SPSS

Al analizar los factores se hace evidente que las dos variables previamente mencionadas son las que presentan mayor dificultad en ser integradas por su baja carga. Pese a lo anterior, estas variables fueron mantenidas en el análisis porque se considera que podrían resultar fundamentales para las estimaciones que se realizan. Los factores resultantes son los siguientes (Tabla 6.29):

Tabla 6.29 Factores con las variables codificadas (_cod)

Factor	Variables	Componente								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Residencia en Sant Martí	.761								
	Residencia en L'Eixample	-.728								
	Aplicación en Sant Martí	.815								
	Aplicación en L'Eixample	-.770								
	Uso de grabación en la encuesta	.245								
2	Percepción de la calle-codificada		.827							
	Molestia de la calle-codificada		.580							
	Molestia de los vehículos-codificada		.777							
3	Estudios finalizados-codificada			.710						
	Ingresos del encuestado			.663						
	Última oferta presentada			.575						
4	Condición laboral-codificada				.600					
	Tipo de tenencia de la vivienda				.649					
	Edad del encuestado-codificada				.735					
5	Molestia de bares-codificada					.675				
	Molestia por industrias-codificada					.723				
	Molestias por instalaciones-codificada						.637			
6	Molestias por vecinos-codificada						.622			
	Sexo del encuestado						.729			
	Importancia del aislamiento-codificada							.797		
7	Creencia sobre el ruido							.822		
	Obras de aislamiento realizadas								.685	
9	Nivel de ruido dB(A)-codificado									.877

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del SPSS

El factor de localización se mantiene pero correlacionando positivamente con la variable “uso de la grabación”, sugiriendo que este escenario de valoración fue utilizado mayoritariamente en el distrito de Sant Martí. El factor de percepción del ruido de la calle mantiene su composición y el sentido de las correlaciones. Las variables que componen los factores de condición socio-económica y de medidas de mitigación ahora se reagrupan de manera distinta y correlacionan con la última oferta presentada, apuntando que a mayor nivel educativo y de ingresos es probable que los participantes estén dispuestos a invertir más en mejorar las condiciones acústicas de la vivienda. Los factores que relacionan las molestias ocasionadas por otras fuentes de ruido, tanto al interior como al exterior de la edificación, así como el de sensibilidad están compuestos por las mismas variables y mantienen el sentido de las correlaciones. El contexto de valoración sólo correlaciona positivamente con el nivel de ruido durante la

aplicación de la encuesta y el factor del escenario de valoración desaparece para dar lugar a uno en que sólo se incluye a las obras de aislamiento realizadas.

En el caso de la segunda recodificación (_cod2), el análisis factorial arroja nueve componentes principales. Tanto el total de la varianza explicada (62%) como la medida de adecuación muestral (KMO=0,604) son menores que en los análisis anteriores, y más variables presentan bajos valores de comunalidad, aunque en este caso la variable “uso de la grabación” supera el valor de 0,5 (Tabla 6.30).

Tabla 6.30 Comunalidades para las variables recodificadas (_cod2)

Variable	Extracción
Creencia sobre el ruido	.714
Percepción de la calle -codificación 2	.565
Molestia de la calle-codificación 2	.641
Molestia de los vehículos-codificación 2	.518
Molestia de bares-codificación2	.462
Molestia por vecinos-codificación 2	.598
Molestias por industrias-codificación 2	.623
Molestia por instalaciones-codificación 2	.553
Importancia del aislamiento-codificación 2	.733
Condición laboral-codificada	.619
Residencia en Sant Martí	.694
Residencia en L'Eixample	.651
Tipo de tenencia de la vivienda	.686
Obras de aislamiento realizadas	.643
Edad del encuestado-codificada	.623
Ingresos del encuestado	.632
Sexo del encuestado	.470
Aplicación en Sant Martí	.724
Aplicación en L'Eixample	.733
Nivel de ruido dB(A)-codificado	.731
Uso de grabación en la encuesta	.659
Estudios finalizados-codificada	.614
Última oferta presentada	.381

Fuente: Elaboración propia a partir del SPSS

En comparación al análisis anterior en que las variables también fueron recodificadas (_cod), aquí es más fácil identificar los factores subyacentes; las variables se reagrupan y de nueva cuenta se dan dos factores compuestos por una sola variable, siendo uno de ellos la condición laboral recodificada (Tabla 6.31).

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.31 Factores con variables recodificadas (_cod2)

Factor	Variables	Componente								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Residencia en Sant Martí	.724								
	Residencia en L'Eixample	-.759								
	Aplicación en Sant Martí	.779								
	Aplicación en L'Eixample	-.788								
2	Percepción de la calle -codificación 2		.686							
	Molestia de la calle-codificación 2		.775							
	Molestia de los vehículos-codificación 2		.670							
	Obras de aislamiento realizadas		.406							
3	Ingresos del encuestado			.747						
	Sexo del encuestado			-.505						
	Estudios finalizados-codificada			.593						
4	Tipo de tenencia de la vivienda				.770					
	Edad del encuestado-codificada				.724					
5	Molestia de bares-codificación2					.369				
	Molestia por vecinos-codificación 2					.665				
	Molestias por industrias-codificación 2					.675				
	Molestia por instalaciones-codificación 2					.591				
6	Importancia del aislamiento-codificación 2						.831			
	Creencia sobre el ruido						.824			
7	Uso de grabación en la encuesta							.782		
8	Nivel de ruido dB(A)								.847	
	Última oferta presentada								-.301	
9	Condición laboral-codificada									.682

Fuente: Elaboración propia

Comparando estos resultados con los obtenidos en el análisis inicial, el factor de localización y residencia agrupa las mismas variables y en el mismo sentido; el factor de percepción del ruido de calle ahora también correlaciona positivamente con las obras de aislamiento realizadas, indicando que al crecer las molestias los participantes toman alguna medida para reducirles; las variables del factor socio-económico se reagrupan de manera distinta pues los ingresos se correlacionan positivamente con el nivel de estudios y negativamente cuando se es mujer; desaparece el factor de mitigación y en su lugar aparece el de tenencia de la vivienda, que correlaciona positivamente esta variable con la edad de los participantes; todas las molestias producidas por otras fuentes distintas a los vehículos se fusionan en un solo factor; los componentes de la sensibilidad al ruido, así como del contexto y el escenario de valoración se mantienen y surge un nuevo factor en donde se ubica la condición laboral.

Es evidente que la recodificación modifica los resultados, y en algunos casos la forma de llevarla a cabo facilita la interpretación de los factores subyacentes, pero en general se observa que de todos los análisis se puede extraer un conjunto de variables que podrían influir en las estimaciones de la DAP. Las variables incluidas en alguno de los distintos modelos econométricos son las siguientes (Tabla 6.32):

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.32 Variables para las modelos de estimación extraídas del análisis factorial

Factor	Análisis factorial		
	Codificación original	Recodificación 1 (cod)	Recodificación 2 (cod2)
1	· Lugar de residencia (<i>Resident_SM</i>)	· Lugar de residencia (<i>Resident_SM</i>)	· Lugar de residencia (<i>Resident_SM</i>)
2	· Percepción del ruido exterior (<i>Ruido_calle</i>) · Molestias producidas por el ruido de la calle (<i>Moles_calle</i>)	· Percepción del ruido exterior (<i>Rui_cod</i>) · Molestias producidas por el ruido de la calle (<i>Mol_call_cod</i>) · Molestias producidas por los vehículos (<i>Mol_veh_cod</i>)	· Percepción del ruido exterior (<i>Rui_cod2</i>) · Molestias producidas por el ruido de la calle (<i>Mol_call_cod2</i>) · Obras de aislamiento realizadas en la vivienda (<i>Obras_aisla</i>)
3	· Edad del encuestado (<i>Edad_encues</i>) · Situación laboral del encuestado (<i>Condicion_lab</i>)	· Nivel de estudios del encuestado (<i>Est_fin_cod</i>) · Ingreso familiar mensual (<i>Ingresos_encues</i>) · Oferta final (<i>Oferta</i>)	· Ingreso familiar mensual (<i>Ingresos_encues</i>) · Sexo del encuestado (<i>Sexo_encues</i>)
4	· Molestias asociadas a las actividades productivas (<i>Moles_industrias</i>) · Molestia producida por lugares de ocio y esparcimiento (<i>Moles_bares</i>)	· Edad del encuestado (<i>Edad_cod</i>) · Régimen de tenencia de la vivienda (<i>Tenencia_viv</i>) · Situación laboral del encuestado (<i>Con_lab_cod</i>)	· Régimen de tenencia de la vivienda (<i>Tenencia_viv</i>)
5	· Creencia con respecto al ruido (<i>Creencia_Ruido</i>) · Importancia del ambiente acústico de la vivienda (<i>Importancia_aislam</i>)	· Molestia producida por lugares de ocio y esparcimiento (<i>Mol_bar_cod</i>)	· Molestia producida por los vecinos (<i>Mol_vec_cod2</i>) · Molestia producida por lugares de ocio y esparcimiento (<i>Mol_bar_cod2</i>)
6	· Obras de aislamiento realizadas en la vivienda (<i>Obras_aisla</i>) · Régimen de tenencia de la vivienda (<i>Tenencia_viv</i>)	· Sexo del encuestado (<i>Sexo_encues</i>) · Molestia producida por los vecinos (<i>Mol_vec_cod</i>)	· Importancia del ambiente acústico de la vivienda (<i>Imp_ais_cod2</i>)
7	· Sexo del encuestado (<i>Sexo_encues</i>) · Molestia producida por los vecinos (<i>Moles_vecinos</i>)	· Importancia del ambiente acústico de la vivienda (<i>Imp_ais_cod</i>)	· Escenario de valoración utilizado (<i>Uso_grab</i>)
8	· Nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta (<i>dba</i>) · Oferta final (<i>Oferta</i>)	· Obras de aislamiento realizadas en la vivienda (<i>Obras_aisla</i>)	· Nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta (<i>dba_cod</i>) · Oferta final (<i>Oferta</i>)
9	· Escenario de valoración utilizado (<i>Uso_grab</i>)	· Nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta (<i>dba_cod</i>)	· Situación laboral del encuestado (<i>Con_lab_cod</i>)

Fuente: Elaboración propia

Debido a que los objetivos principales de la investigación apuntan a extraer la DAP y observar que efecto tiene el diseño del escenario en la técnica de valoración, en los modelos iniciales siempre fueron incluidas las variables que recogen la oferta y el uso de la grabación. De esta manera, los modelos iniciales incluyen una variable de cada uno de los factores subyacentes, más la oferta y el escenario de valoración.

Si además se toma en consideración el estudio de Marmolejo y Frizzera (2008) efectuado recientemente en Barcelona, en donde los investigadores encontraron que la DAP es función principalmente de la molestia y las creencias, así como de la importancia que se da al silencio a la hora de elegir una residencia y de los ingresos percibidos, el modelo inicial de estimación toma la forma:

$$DAP = f(Y, P, Q, T, q_0, q_1)$$

que resulta ser la ecuación 3.2 comentada con anterioridad. Posteriormente este modelo inicial fue modificado al cambiar algunas de las variables seleccionadas en primera instancia y al eliminar simultáneamente aquellas que presentaron baja significancia estadística. Este proceso se repitió hasta encontrar, para la muestra analizada, aquellos que presentaron el mejor ajuste estadístico y la mayor capacidad predictiva.

6.5 Resultados de las estimaciones del valor e interpretación de los modelos.

Ya que la investigación plantea determinar si la reducción en el nivel de ruido aumenta la satisfacción de los posibles usuarios de viviendas mejor aisladas, a continuación se presentan, como medida de bienestar, diversas estimaciones de la DAP_{media} .

6.5.1 Estimación preliminar de la DAP mediante el modelo matemático

Inicialmente, para examinar el efecto que tiene la simulación acústica al momento de expresar la DAP, la muestra total (M1) fue dividida en dos subgrupos (M2 y M3). Estos subgrupos fueron utilizados para estimar tres modelos de la DAP: el primero con el total de la muestra, el segundo corresponde al de los participantes que escucharon la grabación y el tercero corresponde a los que no lo hicieron. Desarrollando la ecuación 5.13 mediante una hoja electrónica de cálculo, y teniendo como variable independiente la respuesta a las ofertas presentadas, se realizó una estimación preliminar de la DAP_{Media} para los modelos M1, M2 y M3; en la Tabla 6.33 se muestran los resultados para cada uno de ellos.

Tabla 6.33 Modelación matemática de la DAP

Modelo	DAP (euros)	Respuestas positivas				Respuestas negativas		Total	
		Oferta máxima		Oferta mínima		Frec.	%	Frec.	%
		Frec.	%	Frec.	%				
Conjunto (M1)	28,90	199	65,5	62	20,4	43	14,1	304*	100
Grabación (M2)	30,02	170	71,4	48	20,2	20	8,4	238	100
Sin grab.(M3)	17,48	29	43,9	14	21,2	23	34,8	66*	100

*Se eliminaron dos observaciones ya que las valoraciones emitidas funcionaban como "outliers".

Fuente: Elaboración propia

Comparando los tres modelos, se observa que la diferencia entre los porcentaje de rechazo es muy significativa; en M3 el porcentaje es de 34,8%, pero en el caso de los modelos en que se recurre a la simulación acústica el rechazo decrece de manera importante, cayendo a 8,4% en M2, condición que parece indicar que el uso de la simulación acústica en el escenario de valoración es un fuerte incentivo para emitir una valoración positiva, aun cuando la oferta presentada sea la máxima.

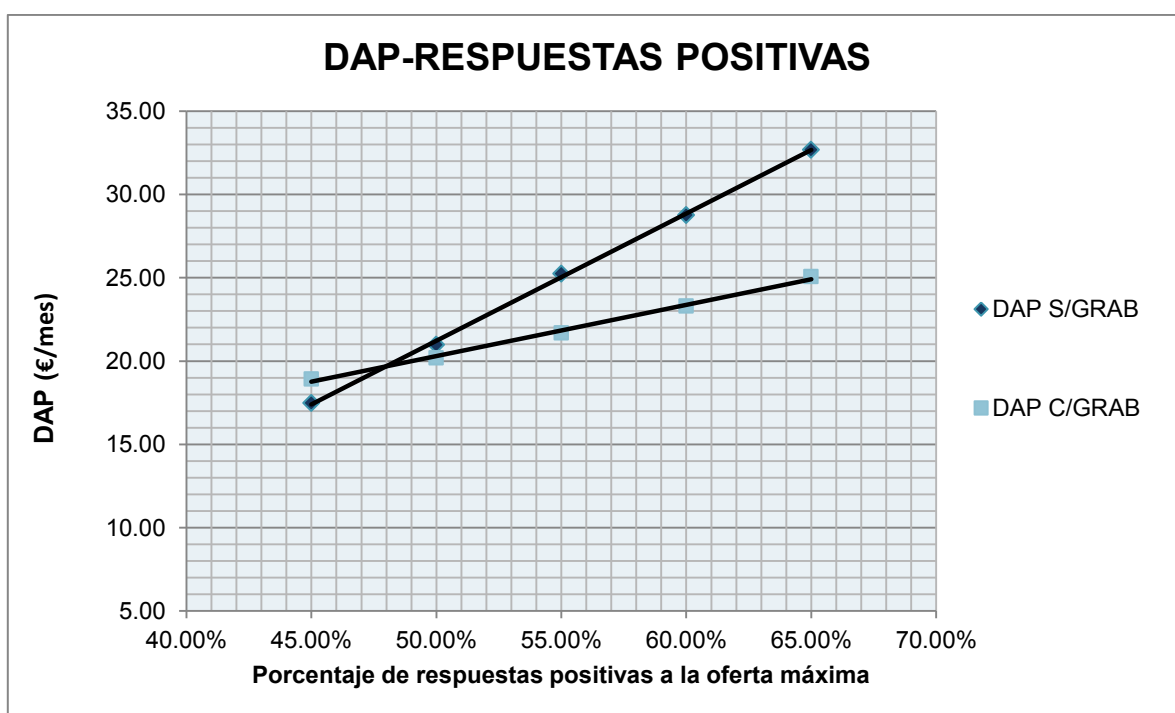
Con el modelo matemático, y para esta muestra, el efecto monetario del escenario de valoración se puede traducir en un incremento de 58 puntos porcentuales en el valor medio de la DAP, pues pasa de 17,5 € para el subgrupo donde no se utilizó la grabación, a 30 € para el subgrupo donde sí se le empleó;

sin conocer por este medio su significancia estadística, se confirma inicialmente que el diseño del escenario es una variable relevante en los ejercicios de valoración contingente.

También destaca que el valor de la DAP_{Media} excede los valores superiores presentados en los rangos cuando el porcentaje de respuestas positivas a la oferta máxima supera el 50% (M1 y M2), lo que parece indicar que no se da cumplimiento al supuesto inicial en que se basa el formato OOHB. Sin embargo, en estas estimaciones podría estar subyacente el efecto de otras variables como la percepción, la sensibilidad o la formación académica, que también modifican la disposición a pagar y que no están siendo analizadas por este procedimiento.

Para ahondar más en el comportamiento de estos modelos, se planteó simulación matemática para determinar el punto de convergencia de la DAP_{Media} cuando el escenario de valoración cambia; esta condición se puede apreciar en el Gráfico 6.13. Tomando como referencia tanto los valores de la DAP_{Media} como los porcentajes de respuestas positivas y negativas obtenidas, se establece una relación de tipo lineal para los modelos M2 y M3 que permite observar un hipotético punto en donde las DAP's se igualarían.

Gráfico 6.13 Relación de respuesta positivas-DAP



Fuente: Elaboración propia

Ambas relaciones se establecieron de manera lineal, pero difieren debido a que el porcentaje de respuestas positivas a la oferta máxima no es el mismo. Lo interesante es que con independencia del número de respuestas negativas, también distinto en cada modelo, el punto de convergencia se obtiene cuando el porcentaje de respuestas positivas a la oferta máxima es cercano al 50%; para este punto, la DAP_{Media} sería aproximadamente de 19 €/mes, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos

en la pregunta de valoración. Observando las líneas de tendencia, los resultados parecen confirmar el planteamiento teórico del modelo OOHB y que el escenario que se presenta puede incentivar de manera significativa al momento de expresar la disposición a pagar.

Finalmente, con estos modelos y sus proyecciones, se puede concluir que la DAP_{Media} supera en todos los casos el sobrecoste estimado en los precios de alquiler de la vivienda típica, por lo que inicialmente se podría indicar que la implementación del DB-HR del CTE incrementa el bienestar de los usuarios y la población está dispuesta a pagar por ello.

6.5.2 Estimación de la DAP con modelos de elección discreta

En esta etapa se presentan los resultados obtenidos mediante modelos probabilísticos. Por el formato de pregunta de valoración elegido (OOHB), cuando el encuestado mostró disposición a realizar algún pago por incrementar las prestaciones de la vivienda la respuesta se codificó como “1”, mientras que al no hacerlo se indicó como “0”; lo anterior corresponde a un modelo de elección discreta, en donde se debe predecir la probabilidad de ocurrencia del suceso. Asumiendo teóricamente que la función de distribución de probabilidad es una función logística, primeramente se recurre al modelo logit para estimar la DAP_{media} por acceder a una vivienda con mejores condiciones acústicas y determinar las variables que influyen en esa disposición.

6.5.2.1 Análisis de sensibilidad: modelo que relaciona la respuesta inicial (res1) con la primer oferta presentada (Oferta_1)

Inicialmente, un aspecto importante a comprobar es la sensibilidad de los participantes ante el importe de la oferta, pues se espera que la proporción de individuos que dan una respuesta positiva disminuya a medida que este aumenta. En el caso de la reacción a la oferta inicial, la frecuencia de respuestas positivas es la siguiente (Tabla 6.34):

Tabla 6.34 Frecuencia de respuestas positivas a la oferta inicial

<i>Respuesta inicial</i>	<i>Oferta inicial presentada (€/mes)</i>				<i>Total</i>
	<i>5</i>	<i>11</i>	<i>17</i>	<i>23</i>	
No	10	15	14	20	59
Porcentaje	13.70	17.86	19.72	26.32	19.41
Si	63	69	57	56	245
Porcentaje	86.30	82.14	80.28	73.68	80.59
Total	73	84	71	76	304
Porcentaje	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Para esta muestra, la distribución de frecuencias parece indicar que la DAP ante la primera oferta (res 1) disminuye cuando incrementa el monto de esta, mostrando que los encuestados reaccionan de manera racional ante las cantidades que se presentan en primera instancia. Implementando el modelo econométrico para las respuestas iniciales se obtiene (Tabla 6.35):

Tabla 6.35 Modelo logístico para la respuesta a la oferta inicial

res1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Oferta_1	-.0428607	.0221692	-1.93	0.053	-.0863115	.0005901
_cons	2.046861	.3654208	5.60	0.000	2.763072	1.330649
Log likelihood = -147.69007			LR chi2(1) =	3.81		
Number of obs = 304			Prob > chi2 =	0.0510		
			Pseudo R2 =	0.0127		

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA

La capacidad predictiva del modelo es muy reducida (Pseudo $R^2=0.0127$), pero el coeficiente de la variable "Oferta_1" es significativo y como se esperaba, negativo (más alto el precio, menor la proporción de respuestas positivas). Así, de este modelo inicial se puede concluir que los participantes son sensibles a las ofertas presentadas.

6.5.2.2 Modelos logísticos con protesta

El modelo inicial (ML1_CP) relaciona únicamente la respuesta final obtenida con la oferta correspondiente.

$$\text{Respuesta final (res2)} = f\{\text{Última oferta presentada (Oferta_2)}\}$$

En este modelo el coeficiente de la variable y la constante son significativos estadísticamente (Tabla 6.36). Contrario a lo que sucede con la oferta inicial, el signo del coeficiente de la variable independiente es positivo por lo que la disposición final a pagar se incrementa cuando la oferta es mayor, lo que podría sugerir que el silencio es un bien muy apreciado.

Tabla 6.36 Modelo logístico básico para la muestra con protesta (ML1_CP)

res2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Oferta_2	.1522974	.0255649	5.96	0.000	.102191	.2024037
_cons	-1.573667	.4420052	-3.56	0.000	-2.439982	-.707353
Log likelihood = -156.06594			LR chi2(1) =	40.32		
Number of obs = 304			Prob > chi2 =	0.0000		
			Pseudo R2 =	0.1144		

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA

Al aplicar la instrucción "fitstat" del programa STATA para obtener las medidas resumen del ajuste del modelo se tiene que (Tabla 6.37):

Tabla 6.37 Medidas del ajuste del modelo ML1_CP

Measures of Fit for logit of res2			
Log-Lik Intercept Only:	-176.227	Log-Lik Full Model:	-156.066
LR(1):	40.322	Prob > LR:	0.000
McFadden's R2:	0.114	McFadden's Adj R2:	0.103
ML (Cox-Snell) R2:	0.124	Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2:	0.181
McKelvey & Zavoina's R2:	0.173	Efron's R2:	0.161
Variance of y*:	3.979	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.760	Adj Count R2:	0.099

Fuente: STATA

Las pruebas estadísticas indican que la probabilidad de que el coeficiente de la variable “Oferta_2” sea igual a 0 es menor a 0,0001 (Prob>LR: 0.000). La comparación de las razones de verosimilitud (modelo sólo con la constante y modelo completo) indica que la variable independiente, en este caso la oferta final presentada, tiene efecto en la disposición a pagar. La bondad del ajuste (McFadden’s $R^2=0.114$ y McFadden’s Adj $R^2=0.103$) muestra que el modelo logístico en que se incluye solamente la oferta final tiene una capacidad explicativa moderada aunque la proporción de predicciones correctas (Count $R^2=76\%$) es bastante alto.

Pero debido a que esta proporción simplemente indica en qué porcentaje de casos la predicción acierta, se puede tener la impresión de que su capacidad es excesiva. La razón es simple: dado que los valores que puede tomar la variable dependiente en un modelo logístico son sólo dos (0 o 1), se puede acertar en más del 50% simplemente tomando todos los casos de la categoría con más observaciones. Por tanto, para estimar en cuanto se mejora la capacidad de predicción del modelo con respecto al simple conocimiento de la categoría más numerosa se recurre al *Adj Count R^2* . Esta medida indica la proporción de aciertos más allá de los que derivarían simplemente de poner todas las apuestas en el mayor marginal.

Analizando el modelo bajo esta prueba, se observa que sólo incrementa la capacidad de acierto en un 9.9% con respecto a la que se tendría prediciendo para todos los casos el valor más común, por lo que se podría concluir que este modelo, aun cuando presenta cierta capacidad predictiva, puede ser mejorado.

Finalmente, aplicando la ecuación 5.18:

$$DAP = \frac{(_b[_cons])}{_b[Oferta_2]}$$

con el modelo logit básico (ML1_CP) se obtiene que la disposición media a pagar por la vivienda mejor aislada es de 10.33 €/mes (Tabla 6.38).

Tabla 6.38 DAP media para el modelo logístico básico

res2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	95% Conf. Interval	
DAP	10.33286	1.371541	7.53	0.000	7.64469	13.02103

Fuente: STATA

Este valor prácticamente se equipara al sobrecoste estimado para la implementación del DB-HR en la vivienda típica, aunque resulta ligeramente inferior; sin embargo es necesario tener en cuenta que se obtuvo con la oferta presentada como única variable explicativa, por lo que es de esperar que con la inclusión de otras variables este valor se modifique.

Para estudiar el efecto que tienen las experiencias y creencias personales, así como los factores socioeconómicos, el modelo original fue modificado con la inclusión de otras variables. Teniendo en cuenta que se puede presentar la multicolinealidad y que es necesario evitarle ya que puede inflar la

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

varianza de las estimaciones de parámetros, limitando con ello la precisión del modelo (Cho *et al.*, 2008), se extrajo de cada componente de los análisis factoriales la variable con mayor coeficiente, o que teóricamente tendría mayor influencia en las estimaciones para ser incluida en los modelos.

Previamente a su uso, las variables fueron tratadas de distinta forma, tal como ya fue comentado. Con excepción de las actividades de ocio y los ingresos familiares, en todos los casos las variables que hacen referencia a las molestias producidas por las distintas fuentes de ruido así como las relacionadas a la condición socio-demográfica del encuestado resultaron no significativas estadísticamente, lo que motivó su exclusión de los modelos de estimación.

De esta manera los modelos incluyen a la oferta, el escenario de valoración utilizado, la importancia que se da al aislamiento de la vivienda, los ingresos mensuales, la molestia producida por actividades de ocio y el nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta (éstas dos últimas recodificadas) como variables explicativas con significancia estadística de al menos 90% (Tabla 6.39).

Tabla 6.39 Modelos logísticos con variables explicativas para la muestra con protesta

Variables	Modelos					
	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5	ML6
Oferta_2	.15229736***	.1209284***	.1407214***	.12429804***	.13599711***	.12845525***
Uso_grab		1.2784823***	1.3023888***	1.2164593***	1.3529185***	1.2511577***
Ingresos_e~s		.00046478**		.0004264**		.00044259**
Importanci~m					.29708546	
Mol_bar_cod		1.0165767				
dba_cod		-0.28176442		-0.31110644		
_cons	-1.5736673***	-2.161591**	-2.3486791***	-1.9440553**	-3.4827419***	-2.8758186***
N	304	304	304	304	304	304
ll_0	-176.22673	-176.22673	-176.22673	-176.22673	-176.22673	-176.22673
ll	-156.06594	-140.2791	-147.9289	-141.95822	-146.13718	-143.6909
chi2	40.321586	71.895277	56.595679	68.537039	60.179118	65.071663
r2_p	0.11440258	0.20398516	0.16057631	0.19445698	.17074344	0.18462483
aic	316.13188	292.55819	301.85779	293.91643	300.27435	295.38181
bic	323.56594	314.86036	313.00887	312.50157	315.14246	310.24992

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Fuente: STATA

El modelo con mayor ajuste y capacidad predictiva incluye a la oferta, el escenario de valoración y los ingresos del encuestado (ML6; BIC: 310.25).

Respuesta final (res2)

$$= f\{\text{Última oferta presentada (Oferta_2), Escenario de valoración (Uso_grab), Ingreso familiar mensual (Ingresos_encues)}\}$$

En él, todas las variables son significativas por arriba del 95% y sus medidas de ajuste y predicción son (Tabla 6.40):

Tabla 6.40 Medidas del ajuste del modelo ML6

Measures of Fit for logit of res2			
Log-Lik Intercept Only:	-176.227	Log-Lik Full Model:	-143.691
LR(3):	65.072	Prob > LR:	0.000
McFadden's R2:	0.185	McFadden's Adj R2:	0.162
ML (Cox-Snell) R2:	0.193	Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2:	0.281
McKelvey & Zavoina's R2:	0.286	Efron's R2:	0.237
Variance of y*:	4.606	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.789	Adj Count R2:	0.210
AIC:	0.972	AIC*n:	295.382
BIC:	-1427.727	BIC':	-47.921
BIC used by Stata:	310.250	AIC used by Stata:	295.382

Fuente: STATA

La comparación de la razón de verosimilitud del modelo que sólo contiene la constante (-176.227) con respecto al modelo completo (-143.691) indica que la inclusión de las tres variables tiene un efecto que se refleja en la DAP. Las otras pruebas estadísticas indican que la probabilidad de que los coeficientes de las variables explicativas sean igual a 0 es menor a 0,0001 (Prob > LR: 0.000). La bondad del ajuste (McFadden's $R^2=0.185$ y McFadden's Adj $R^2=0.162$) muestra que el modelo logístico en que se incluyen otras variables de control, además de la oferta, mejora en su capacidad explicativa y predictiva (Count $R^2=78.9\%$), y se incrementa la capacidad de acierto en 21% (Adj Count R^2) con respecto a la que se tendría prediciendo para todos los casos el valor más común. Por lo anterior se podría concluir que la inclusión de otras variables independientes mejora significativamente la capacidad predictiva del modelo.

En el modelo todas las variables explicativas tienen signo positivo y sus cocientes de razón (*odds ratios*) son mayores a 1, lo que implica que a mayores ingresos y utilizando la simulación acústica como escenario de valoración, se incrementa la probabilidad de obtener una respuesta positiva a las ofertas presentadas (Tabla 6.41).

Tabla 6.41 Interpretación por cocientes de razón del modelo ML6

res2	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf.	Interval]
Oferta_2	1.137071	0.0304271	4.8	0	1.078971	1.198298
Uso_grab	3.494386	1.149009	3.81	0	1.834351	6.656705
Ingresos_e~s	1.000443	0.0001611	2.75	0.006	1.000127	1.000758

Fuente: STATA

Para establecer comparaciones entre cocientes de razón de variables con distinto rango de variación, como en este caso, se recurre al cambio en las razones (Tabla 6.42) para incrementos de una desviación típica en cada variable independiente (Escobar *et al.*, 2009).

Tabla 6.42 Comparación en los cambio de razones para el modelo ML6

res2	b	z	P> z	e ^b	e ^b StdX	SDofX
Oferta_2	0.1285	4.8000	0.000	1.1371	2.0145	5.4522
Uso_grab	1.2512	3.8050	0.000	3.4944	1.6764	0.4130
Ingresos_e~s	0.0004	2.7490	0.006	1.0004	1.6078	1072.9345

$e^b = \exp(b)$ = factor change in odds for unit increase in X
 $e^bStdX = \exp(b*SD \text{ of } X)$ = change in odds for SD increase in X
 $SDofX$ = standard deviation of X

Fuente: STATA

Debido a que todos los cambios en las razones de una desviación típica son mayores a 1, se constata que la oferta presentada, los ingresos familiares y el uso de la simulación acústica a manera de escenario de valoración incrementan la probabilidad de obtener una DAP positiva por una vivienda mejor aislada. Con las medidas estandarizadas, la variable que tiene un efecto más importante en la DAP es la oferta: cuanto mayor es se tiene más probabilidad de obtener una respuesta positiva, lo que podría indicar que los encuestados valoran ampliamente las mejoras en la calidad acústica de las viviendas y en consecuencia están dispuestos a pagar por ello.

Pero lo anterior también podría estar relacionado al diseño de las ofertas presentadas: sin tomar en cuenta el tiempo de amortización, los encuestados podrían estimar que las ofertas inferiores (5 y 11 € de incremento mensual en el alquiler) no cubren el sobrecoste del aislamiento y en consecuencia las rechazan pues consideran que el medio de pago no se ajusta a la cantidad de aislamiento ofrecido (lo que sería cierto en el caso de los 5 € de incremento), o que recibirán un menor aislamiento. Asimismo, es probable que el número de rangos presentados y su amplitud sean reducidos, y debido a ello no se aprecia el efecto teórico de que al incrementar el precio de un bien o servicio se disminuye su consumo (monotonidad decreciente).

En este sentido, algunos investigadores (Cooper, 1993 y 2002; Júdez *et al.*, 2000; Riera *et al.*, 2008) señalan que es aconsejable emplear un número elevado de ofertas distintas y corregir posteriormente los problemas que se puedan presentar (principalmente la violación de la monotonicidad); la cantidad de ofertas que ellos sugieren incluir es superior a la empleada en este estudio, lo que podría indicar que aun cuando los límites de cada uno de los rangos son pertinentes, su cantidad no fue la óptima. Una posible solución está en la forma de determinar las ofertas y su número: además de tener en cuenta los costes en que se incurriría para proporcionar el bien, el diseño de la oferta podría apoyarse con las respuestas que se obtengan a partir de la prueba piloto.

Para estudiar más a detalle el efecto que tienen las variables independientes en el cálculo de la DAP_{media} se recurre a la interpretación por predicciones. En este análisis se dan valores específicos a cada variable, manteniendo las demás en un valor determinado, en este caso la media; en una variable explicativa discreta el efecto de un cambio puede determinarse a partir de calcular las probabilidades implícitas para dos resultados diferentes en donde se mantienen fijos los valores de todas las demás variables explicativas. Siendo la oferta la que más afecta la probabilidad de obtener respuestas positivas, se inicia con ella (Tabla 6.43).

Tabla 6.43 Interpretación por predicciones del modelo ML6

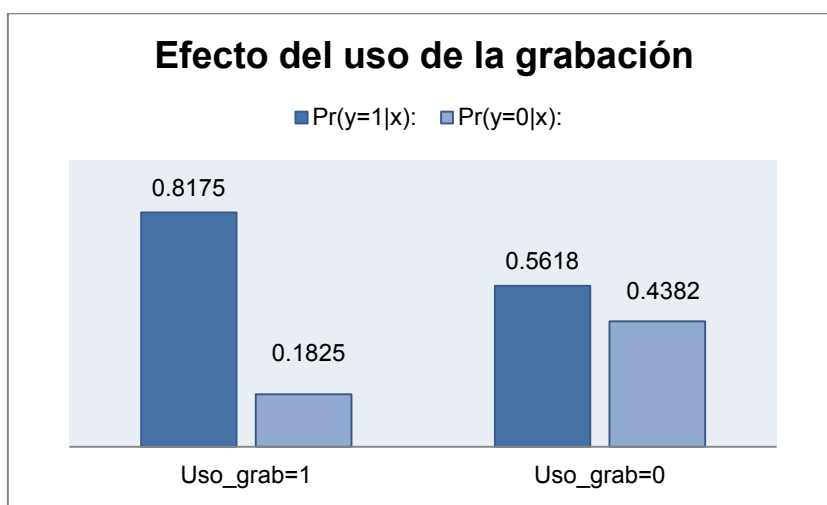
Variable	from: x=min	to: x=max	dif: min->max
Oferta_2	0.3965	0.8690	0.4725
Uso_grab	0.5618	0.8175	0.2557
Ingresos_e~s	0.6591	0.9254	0.2663
	Oferta 2	Uso grab	Ingresos e~s
x(mean)=	17.8289	0.782895	1884.44
sd_x=	5.45219	0.412955	1072.93
Pr(y x)	0		1
	0.2265		0.7735

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

La columna inicial (from: x=min) indica que cuando se presenta la oferta inferior de los rangos, y manteniendo en su valor medio a las variables “uso de la grabación” e “ingresos de los encuestados”, la probabilidad de obtener una respuesta final favorable es de 0.40. La segunda columna (to: x=max) indica que cuando se presenta la oferta máxima a un participante con idénticas características, la probabilidad de lograr una respuesta positiva es de 0.87. Por tanto, presentar ofertas muy bajas, en este caso, reduce en 0.47 la probabilidad de conseguir respuestas favorables (tercera columna).

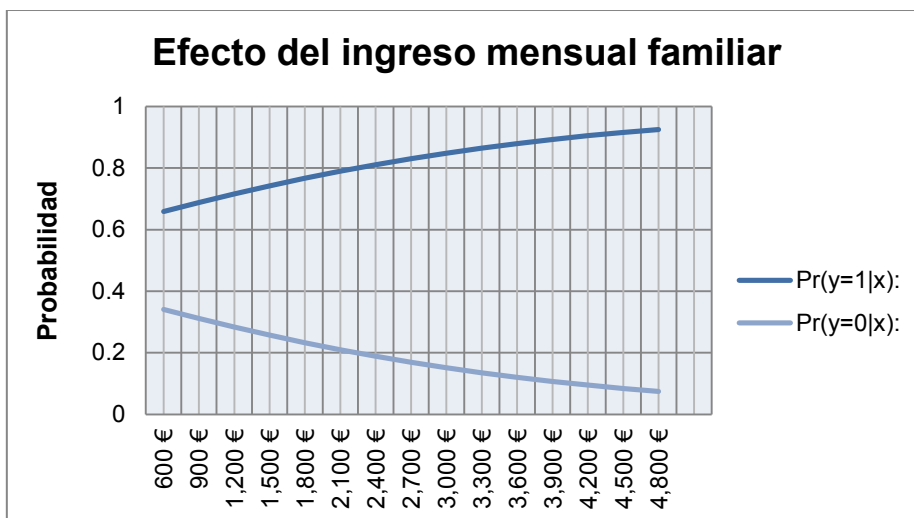
Al realizar el análisis para las variables “uso de la grabación” e “ingresos del encuestado”, la probabilidad de que un individuo acepte la oferta recibida se ve incrementada en 26 puntos porcentuales (dif: min->max=0.2557) cuando escucha la simulación acústica (Gráfico 6.14), mientras que la probabilidad de que un participante con ingresos que superan los 4800 € mensuales acepte la oferta es 27% mayor con respecto aquellos que perciben ingresos de 600 € (Gráfico 6.15). En el caso de estas dos variables, cuando asumen su valor mínimo, las probabilidades de obtener una respuesta positiva a la pregunta de valoración son mayores al 50%, lo que indicaría que el silencio es un bien que se considera indispensable en la vivienda.

Gráfico 6.14 Efecto de la grabación en el modelo ML6



Fuente: Elaboración propia

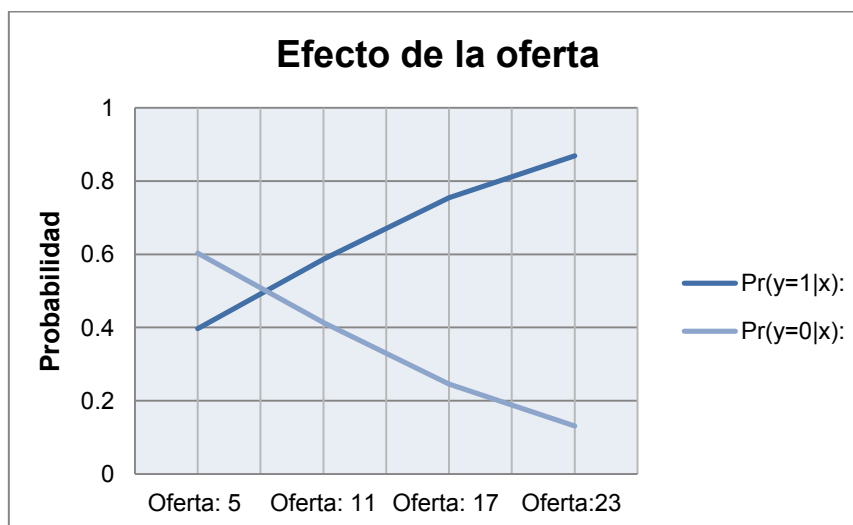
Gráfico 6.15 Efecto de los ingresos familiares en el modelo ML6



Fuente: Elaboración propia

La interpretación por predicciones de nueva cuenta muestra que la oferta es la variable que presenta un mayor impacto en el modelo, pero no sólo debido a que su incremento se traduce en mayores probabilidades de obtener respuestas positivas, como en el caso del uso de la grabación y de los ingresos, sino debido a que su diseño parece estar asociado a la probabilidad de obtener respuestas negativas a la pregunta de valoración; en esta muestra se puede apreciar que al momento de que la oferta baja, existe un umbral en que las probabilidades dejan de ser positivas (Gráfico 6.16). Esto sugiere que la reducción de ruido, como fue presentado, tiene una demanda relativamente inelástica (inicialmente la curva tiene pendiente positiva); pero para observar si este efecto es real, se considera que los rangos deben ser más y de mayor amplitud, y que las ofertas mínimas deben ser mayores para que las personas perciban que es posible conseguir el cambio al precio que se ofrece.

Gráfico 6.16 Efecto de la oferta en el modelo ML6



Fuente: Elaboración propia

Para este modelo, teniendo en consideración que todas las variables explicativas incrementan la probabilidad de obtener respuestas positivas pero que la constante es negativa, la DAP_{media} que se alcanza con el modelo logístico (ML6) es de 8.27 € de incremento en el coste del alquiler mensual de una vivienda mejor aislada (Tabla 6.44), lo que resulta menor a los 10.33 € obtenidos con el modelo que sólo incluye a la oferta como variable explicativa (ML1_CP).

$$DAP = \frac{(_b[_cons] + Uso_grab_m * _b[Uso_grab] + Ingresos_encues_m * _b[Ingresos_encues])}{_b[Oferta_2]}$$

Tabla 6.44 DAP_{media} de la muestra total con el modelo ML6

res2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP	8.269522	2.144319	3.86	0	4.066735	12.47231

Fuente: STATA

En esta estimación, pese a que teóricamente todas las variables incrementarían la DAP_{media} , el valor es menor al obtenido con un modelo más simple, por ello se busca una segunda interpretación.

Utilizando el modelo ordinal como una extensión del modelo logit para obtener los coeficientes de las variables y un corte único que corresponda a la constante, se tiene que todas las variables y la constante son positivas. De esta manera en la gran constante que es el numerador de la ecuación 5.18 (Loomis et al., 2000), los coeficientes de las variables se adicionan al valor de la constante, en vez de reducirlo como sucede en el cálculo anterior.

La explicación al cambio de signo de la constante es la siguiente: cuando se utilizan las mismas variables con el modelo ordinal, *“los resultados son absolutamente iguales, con la salvedad de que la constante se transforma en un cutpoint (manteniendo el mismo valor, pero cambiando el signo debido a la diferente parametrización)”*².

Calculada de esta manera, la DAP_{media} que se alcanza es de 36.5 € de incremento en el coste del alquiler mensual de una vivienda mejor aislada (Tabla 6.45).

Tabla 6.45 DAP_{media} con el modelo logístico ML6 (Interpretación 2)

res2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP	36.50589	7.455776	4.9	0	21.89284	51.11895

Fuente: STATA

Así, el efecto de utilizar un escenario que minimice la subjetividad inherente a la valoración del ruido y los mayores ingresos que las personas puedan percibir incrementan en más de 26 € la disposición media a pagar por las viviendas con mayores prestaciones acústicas. Esta estimación, de acuerdo a las especificaciones del marco teórico, es más consistente si se compara con la anterior.

² Escobar et al. 2009, pág.422

6.5.2.3 Modelos ordinales con protesta

Teniendo en consideración que las respuestas a las preguntas de valoración obtenidas de cada participante pueden ser interpretadas como el grado de acuerdo con un planteamiento específico, se propone el uso de los modelos logísticos ordinales.

Como ya se mencionó, el resultado del modelo ordinal (orden “ologit” en el programa STATA) es similar al del modelo logit (instrucción “logit”) con la excepción de que no aparece la constante y en su lugar se muestran los coeficientes que corresponden a los valores umbrales de la variable latente. Para hacer uso del modelo logístico ordinal, las respuestas fueron recodificadas como “1” cuando son negativa, “2” al momento de ser respuesta positiva ante la oferta mínima y “3” cuando se acepta la oferta máxima. De nueva cuenta se inicia con el modelo que relaciona únicamente la respuesta obtenida con la oferta (MO1_CP; Tabla 6.46).

$$\text{Respuesta final (Res_fin_or)} = f\{\text{Oferta final aceptada (Oferta)}\}$$

Tabla 6.46 Modelo logístico ordinal básico (MO1_CP) para la muestra total

Resp fin or	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Oferta	.5142232	.0473034	10.87	0.000	.4215102	.6069363
/cut1	3.978731	.5188632			2.961778	4.995684
/cut2	6.693187	.6927998			5.335325	8.05105

Log likelihood = -120.85062 LR chi2(1) = 272.23
 Number of obs = 304 Prob > chi2 = 0.0000
 Pseudo R2 = 0.5297

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA

En este modelo, además de la diferencia entre de las razones de verosimilitud que indica que la variable explicativa influye en la respuesta obtenida (Tabla 6.47), tanto la constante como el coeficiente de la variable independiente son significativos y de signo positivo, lo que indica que al crecer la cantidad ofertada se incrementa la probabilidad de obtener respuestas positivas. Asimismo, el signo positivo del coeficiente de la oferta confirma que el silencio es muy valorado. Esta información es equiparable a la obtenida en los modelos logísticos binarios, pero las pruebas estadísticas indican que el ajuste del modelo ordinal es manifiestamente mayor (Pseudo R² = 0.5297), se incrementa la capacidad predictiva (Count R²: 0.842) y la especificación incluida mejora los aciertos en 50% (Adj Count R²: 0.505).

Tabla 6.47 Medidas del ajuste del modelo

Measures of Fit for ologit of Resp fin or			
Log-Lik Intercept Only:	-256.967	Log-Lik Full Model:	-120.851
LR(1):	272.233	Prob > LR:	0.000
McFadden’s R2:	0.530	McFadden’s Adj R2:	0.518
ML (Cox-Snell) R2:	0.592	Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2:	0.725
Variance of y*:	12.847	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.842	Adj Count R2:	0.505
AIC:	0.815	AIC*n:	247.701
BIC:	-1479.124	BIC’:	-266.516
BIC used by Stata:	258.852	AIC used by Stata:	247.701

Fuente: STATA

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Teniendo en consideración los dos umbrales (“cut1” y “cut2” en la regresión), la DAP se encontraría entre 7.74 y 13 € de incremento en el alquiler mensual (Tabla 6.48); este rango contiene la estimación realizada con el modelo básico de las regresiones logísticas binarias (ML1_CP).

$$DAP1 = \frac{(_b[_{cut1}])}{_b[Oferta]}; DAP2 = \frac{(_b[_{cut2}])}{_b[Oferta]}$$

Tabla 6.48 Límite superior de la DAP con el modelo ordinal básico (MO1_CP)

Resp fin or	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP2	13.01611	.4295586	30.30	0.000	13.85803	12.17419
DAP1	7.737362	.5034167	15.37	0.000	8.72404	6.750683

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Al introducir otras variables explicativas se obtiene que los modelos con mayor ajuste y capacidad predictiva incluyen la oferta, el escenario de valoración, la importancia que se da al aislamiento acústico de la vivienda, los ingresos del encuestado y en algún caso, el tipo de tenencia. Con las variables recodificadas desaparece la tenencia de la vivienda como variable explicativa pero se incluyen los ingresos, que incrementan la disposición a pagar en cuanto son mayores. También se observa que el uso de la simulación acústica como escenario de valoración y la importancia que se da al aislamiento acústico de las viviendas siguen siendo variables que aumentan la DAP. De los modelos analizados (Tabla 6.49), el que incluye la variable “importancia del aislamiento” recodificada es el mejor (MO5; BIC=246.96).

Tabla 6.49 Comparación de modelos ordinales para la muestra total

Variable	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5
Resp_fin_or					
Oferta	.51422323***	.53340487***	.53556855***	.53045802***	.54329089***
Importanci~m		.49240828*	.45822452*		
Tenencia_viv		.79557077*			
Usó_grab		1.4859049***	1.579771***	1.5525675***	1.4473187***
Ingresos_e~s			.00053212**	.00052594**	.00054215**
Imp_ais_cod				0.75824874	
Imp_ais_cod2					1.8561937**
cut1					
_cons	3.9787312***	7.4101256***	7.8313458***	6.5428585***	7.7423463***
cut2					
_cons	6.6931873***	10.539004***	11.030248***	9.7156251***	10.967964***
Statistics					
N	304	304	304	304	304
ll_0	-256.96689	-256.96689	-256.96689	-256.96689	-256.96689
ll	-120.85062	-108.77449	-107.05054	-108.42969	-106.32767
chi2	272.23253	296.38479	299.8327	297.0744	301.27844
r2_p	0.52970352	0.5766984	0.58340726	0.57804024	0.58622035
aic	247.70125	229.54899	226.10108	228.85937	224.65534
bic	258.85233	251.85115	248.40324	251.16154	246.9575

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Fuente: STATA

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Se observa que los modelos MO3 y MO5 incluyen las mismas variables, pero el análisis de las pruebas estadísticas indica que al codificar la importancia que se da al aislamiento, el ajuste y la capacidad predictiva del modelo mejoran ligeramente (Tabla 6.50).

Tabla 6.50 Comparación de los modelos ordinales MO3 y MO5

Model	MO5	MO3	Difference
N:	304	304	0
Log-Lik Intercept Only	-256.967	-256.967	0
Log-Lik Full Model	-106.328	-107.051	0.723
D	212.655(298)	214.101(298)	1.446(0)
LR	301.278(4)	299.833(4)	1.446(0)
Prob > LR	0	0	.
McFadden's R2	0.586	0.583	0.003
McFadden's Adj R2	0.563	0.56	0.003
ML (Cox-Snell) R2	0.629	0.627	0.002
Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2	0.771	0.769	0.002
McKelvey & Zavoina's R2	0.805	0.802	0.003
Variance of y*	16.873	16.619	0.254
Variance of error	3.29	3.29	0
Count R2	0.842	0.845	-0.003
Adj Count R2	0.505	0.515	-0.01
AIC	0.739	0.744	-0.005
AIC*n	224.655	226.101	-1.446
BIC	-1491.019	-1489.573	-1.446
BIC'	-278.41	-276.965	-1.446
BIC used by Stata	246.958	248.403	-1.446
AIC used by Stata	224.655	226.101	-1.446

Difference of 1.446 in BIC' provides weak support for current model.

Fuente: STATA

En el modelo MO5 todas las variables independientes tienen signo positivo y los cocientes de razón son mayores que la unidad (Tabla 6.51), por lo que un aumento en la magnitud de cada variable incrementará la probabilidad de tener una DAP favorable por un mayor aislamiento acústico en la vivienda. El signo positivo de la oferta podría indicar que los encuestados valoran positivamente el silencio y por lo tanto están dispuestos a pagar por habitar viviendas con mejores condiciones acústicas.

Tabla 6.51 Cocientes de razón para el modelo ordinal MO5

Resp_fin_or	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Oferta	1.721663	0.0923089	10.13	0	1.549923	1.912434
Ingresos_e~s	1.000542	0.0001946	2.79	0.005	1.000161	1.000924
Imp_ais_cod2	6.399333	4.401389	2.7	0.007	1.662217	24.63664
Uso_grab	4.251699	1.78281	3.45	0.001	1.869129	9.671321
/cut1	7.742346	1.064785			5.655407	9.829286
/cut2	10.96796	1.288449			8.44265	13.49328

Fuente: STATA

Con los cocientes estandarizados (Tabla 6.52), 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 al crecer la oferta se tiene más probabilidad de obtener una respuesta positiva. A continuación, aunque con una importancia mucho menor, se tiene al uso de la simulación acústica como escenario de valoración (1.82), seguido por los ingresos familiares y la importancia que se le da al aislamiento de la vivienda.

Tabla 6.52 Cocientes estandarizados del modelo ordinal MO5

Resp fin or	b	z	P> z	e^b	e^bStdX	SDofX
Oferta	0.54329	10.133	0	1.7217	26.211	6.0118
Ingresos_e~s	0.00054	2.788	0.005	1.0005	1.7891	1072.9345
Imp_ais_cod2	1.85619	2.699	0.007	6.3993	1.5509	0.2364
Uso_grab	1.44732	3.452	0.001	4.2517	1.8179	0.413

Fuente: STATA

De la interpretación por predicciones se puede concluir que al presentar los valores máximos de los rangos de las ofertas la probabilidad de obtener respuestas positivas a la pregunta de valoración es mayor en 0.88 y 0.74 con respecto al momento que se presentan las ofertas mínimas (Tabla 6.53), confirmando que los participantes están dispuestos a pagar por habitar viviendas con mejores condiciones acústicas.

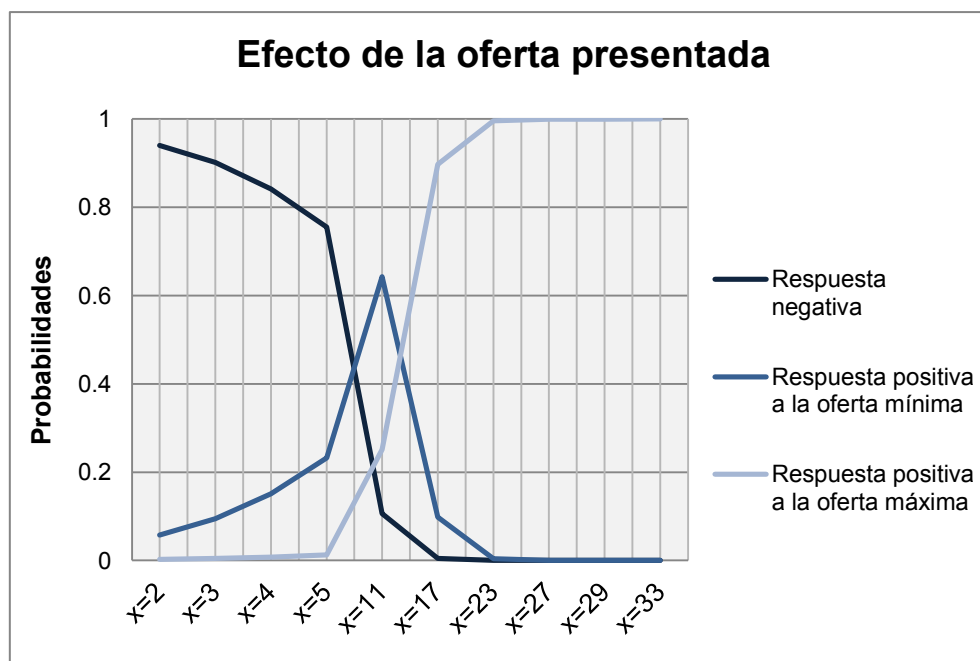
Tabla 6.53 Efecto de la oferta presentada según el modelo ordinal M5

Probabilidad	Rango 1		Rango 2	
	x(Oferta=5)	x(Oferta=17)	x(Oferta=11)	x(Oferta=23)
Pr(y=1 x):	0.7549	0.0045	0.1058	0.0002
Pr(y=2 x):	0.2324	0.098	0.6428	0.0042
Pr(y=3 x):	0.0127	0.8974	0.2515	0.9956
dif. Pr(y=3 x)	0.8847		0.7441	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Destaca la probabilidad de obtener una respuesta negativa (Pr (y=1|x): 0.75) cuando se presenta la oferta de 5 €, lo que sugiere que los encuestados consideran que el cambio de aislamiento propuesto no se alcanzaría con este sobrecoste en el alquiler mensual, por lo que le rechazan (Tabla 6.53, Gráfico 6.17).

Gráfico 6.17 Respuestas esperadas según la oferta presentada



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, el uso de la grabación como escenario de valoración incrementa 15.4 % la probabilidad de obtener una DAP positiva; de forma puntual la grabación incrementa en 23 % la probabilidad de obtener respuestas positivas al presentar las ofertas de 17 y 23 € (Tabla 6.54).

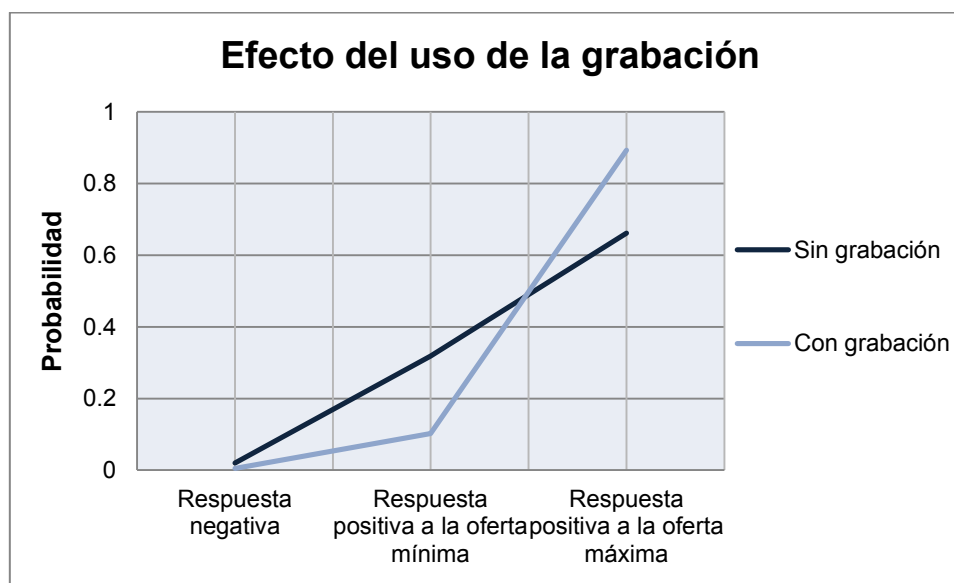
Tabla 6.54 Efecto del escenario de valoración en las probabilidades de obtener respuestas positivas

Escenario	Avg Chg	Pr(y=1 x):	Pr(y=2 x):	Pr(y=3 x):
Sin grabación:x=0	0	0.01989941	0.31829572	0.661805
Con grabación:x=1	0	0.00475267	0.10254307	0.892704
dif:0->1	0.15393293	-0.01514674	-0.21575265	0.230899

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Cuando se pregunta por la oferta mínima y no se reproduce la grabación (x=0), la probabilidad de 31.8 % de obtener una respuesta positiva, comparada con la probabilidad del 10.3 % que se obtiene cuando si se utiliza (x=1), podría reforzar la presunción de que los encuestados estiman que la mejora en el aislamiento no se alcanzaría con el incremento de 5 € en el alquiler mensual de la vivienda y que el diseño de las ofertas debe de presentar otros valores (Gráfico 6.18).

Gráfico 6.18 Efecto del escenario de valoración en las respuestas obtenidas



Fuente: Elaboración propia

Las experiencias sonoras y las creencias personales, que se expresan a través de la importancia que se da al aislamiento acústico cuando se elige una vivienda, incrementan en 23.8 % la probabilidad de obtener una respuesta positiva a la pregunta de valoración (Tabla 6.55).

Tabla 6.55 Efecto de la experiencia sónica en la respuesta

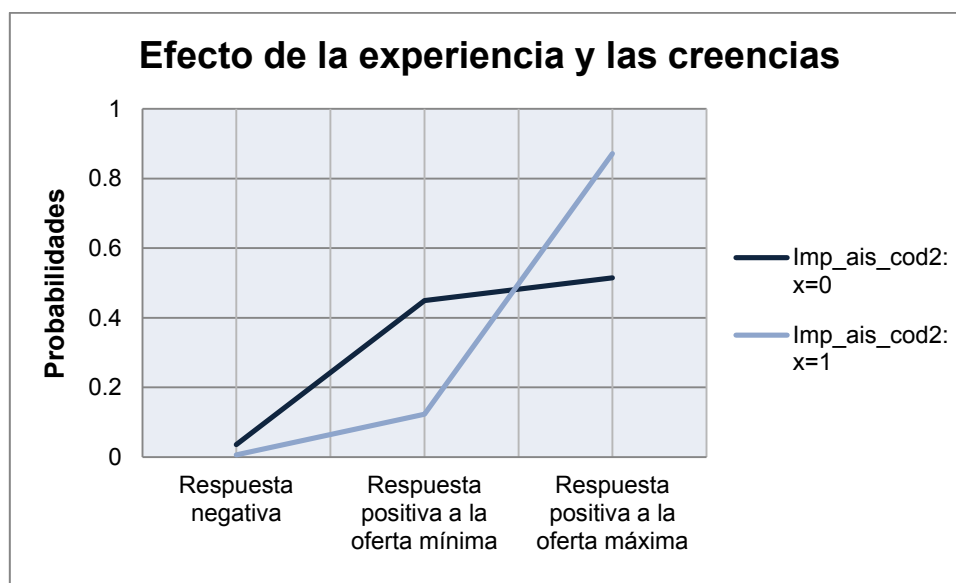
Importancia del aislamiento	Avg Chg	Pr(y=1 x):	Pr(y=2 x):	Pr(y=3 x):
Imp_ais_cod2:x=0	0	0.03613199	0.44933254	0.514535
Imp_ais_cod2:x=1	0	0.00582375	0.12266896	0.871507
dif:0->1	0.2379812	-0.03030823	-0.32666358	0.356972

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

De manera clara se observa que cuando los encuestados valoran positivamente el confort acústico ($x=1$), la probabilidad de pagar por viviendas con mayores prestaciones acústicas crece en 35.7% aun cuando la oferta que se les presenta sea la máxima (17-23 € de incremento en el alquiler mensual).

Manteniendo en su valor medio a las otras variables, las probabilidades son consistentes con el comportamiento mostrado por los participantes pues al expresar que no se da importancia al aislamiento las probabilidades de no pagar, o sólo pagar lo mínimo, crecen de manera significativa (3.0 % y 32.7 % respectivamente; Gráfico 6.19).

Gráfico 6.19 Efecto de la experiencia y las creencias en las respuestas obtenidas



Fuente: Elaboración propia

El efecto de los ingresos familiares es positivo pues al mantener en los valores medios a las otras variables, y acumulando las probabilidades de las respuestas positivas, siempre se obtiene una disposición a pagar por mejorar el aislamiento acústico (Tabla 6.56); al crecer los ingresos y pasar de un mínimo de 600 €/mes hasta 2700 €/mes, la probabilidad de conseguir respuestas positivas a las ofertas máximas se incrementa en 15.3%.

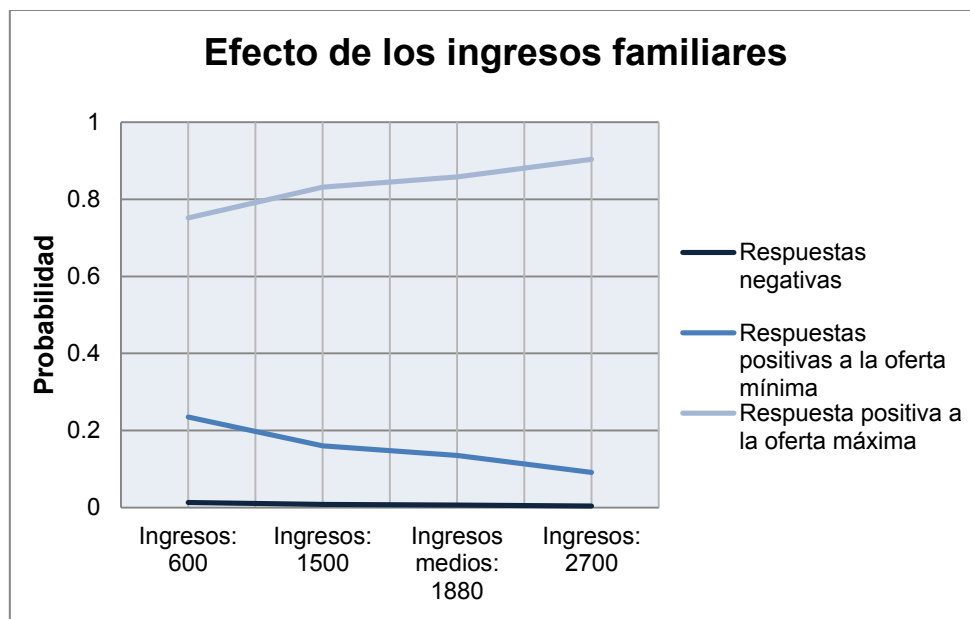
Tabla 6.56 Efecto de los ingresos familiares

Probabilidades	Ingresos familiares (euros/familia/mes)			
	600	1500	1880	2700
Pr(y=1 x):	0.0129	0.008	0.0065	0.0042
Pr(y=2 x):	0.2353	0.1605	0.1351	0.0915
Pr(y=3 x):	0.7518	0.8315	0.8584	0.9044

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

En todos los casos las probabilidades de las ofertas máximas son mayores que las probabilidades correspondientes a las mínimas [$Pr(y=3|x) > Pr(y=2|x)$], lo que podría indicar que para los encuestados el silencio en sus viviendas es un bien muy apreciado y que al pagar más, esperarían obtener mayor cantidad de aislamiento (Gráfico 6.20).

Gráfico 6.20 Efecto de los ingresos familiares en la DAP



Fuente: Elaboración propia

En el modelo logístico ordinal los signos positivos de las variables explicativas se mantienen, indicando que a mejores ingresos y prestaciones de la vivienda, así como con el uso de la grabación la disposición a pagar será mayor, posicionándole en un rango comprendido entre 21 y 27 € de incremento en el alquiler mensual (Tabla 6.57).

$$DAP2 = (_b[cut2] + Imp_ais_cod2_m * _b[Imp_ais_cod2] + Ingresos_encues_m * _b[Ingresos_encues] + Uso_grab_m * _b[Uso_grab]) / _b[Oferta]$$

$$DAP1 = (_b[cut1] + Imp_ais_cod2_m * _b[Imp_ais_cod2] + Ingresos_encues_m * _b[Ingresos_encues] + Uso_grab_m * _b[Uso_grab]) / _b[Oferta]$$

Tabla 6.57 Estimación de los límites de la DAP para el modelo ordinal MO5

Resp. fin. or	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

A manera de conclusión, para la muestra que incluye respuestas de protesta, se puede mencionar que los modelos ordinales presentan mejores ajustes y capacidad predictiva al compararlos con los logísticos binarios, además de que las estimaciones de la DAP parecen corresponder mejor a las condiciones observadas durante la realización del ejercicio de valoración. Dentro de los modelos ordinales, el uso de variables recodificadas parece mejorar las estimaciones realizadas. En todos los casos, el uso de la simulación acústica como escenario de valoración, las experiencias y creencias personales, así como la situación socioeconómica condicionan las respuestas y contribuyen a explicar la DAP.

En cuanto al diseño de las ofertas, después del análisis de la información, se considera recomendable incluir más rangos por abajo del punto de equilibrio pero también por encima, y con mayor amplitud, o con amplitudes distintas, pues siendo el incremento relativamente “pequeño” los encuestados estaban dispuesto a pagar la oferta máxima quizá porque consideraban que con 5 € de incremento en el alquiler mensual obtendrían menor cantidad del bien (una vivienda con menor aislamiento).

6.5.2.4 Modelos logísticos sin protesta

Cuando se excluyen las respuestas de protesta en la muestra, la constante o el coeficiente de la variable oferta dejan de ser significativos (Tabla 6.58) por lo que el modelo logístico binario no fue utilizado para extraer la DAP.

Tabla 6.58 Modelo logit para la muestra sin protesta

res2	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]	
Oferta_2	0.0613242	0.030651	2.00	0.045	0.0012494	0.121399
_cons	0.412669	0.5708486	0.72	0.470	-0.7061737	1.531512

Log likelihood = -124.63547
 Number of obs = 271
 LR chi2(1) = 3.84
 Prob > chi2 = 0.0499
 Pseudo R2 = 0.0152

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA

Para efectos explicativos, el modelo logístico que presenta un mejor ajuste incluye como variables independientes el uso de la grabación, los ingresos familiares del encuestado y el nivel de ruido durante la aplicación de la encuesta (Tabla 6.59).

Tabla 6.59 Cocientes estandarizados del modelo logit de la muestra sin protesta

res2	b	z	P>z	e^b	e^bStdX	SDofX
Ingresos_e~s	0.00033	1.937	0.053	1.0003	1.4282	1081.6531
dba	-0.08068	-2.272	0.023	0.9225	0.7127	4.1986
Uso_grab	1.04171	2.806	0.005	2.8341	1.4895	0.3825

Fuente: STATA

El coeficiente positivo de las variables uso de la grabación e ingresos indica, en el primer caso, que las personas que escucharon la simulación acústica mostraron mayor disposición pagar con respecto de quienes no lo hicieron (17.2% más; Tabla 6.60), mientras que al incrementar los ingresos la probabilidad de obtener una respuesta positiva a la pregunta de valoración también crece (15.9% de aumento entre los mayores y menores ingresos).

Tabla 6.60 Cambio en las probabilidades de la respuesta

Variable	from: x=min	to: x=max	dif: min->max
Ingresos_e~s	0.7715	0.9309	0.1594
Uso_grab	0.6926	0.8646	0.1720
dba	0.9124	0.5210	-0.3914

Fuente: STATA

Así, de estas dos variables la que tiene más probabilidades de incidir positivamente en la respuesta es el escenario de valoración utilizado. En cuanto al nivel de ruido medido durante la aplicación de la encuesta, el signo negativo del coeficiente indica que al estar expuestos a más ruido existe menor probabilidad de obtener respuestas positivas de parte de los encuestados (-39.1%).

6.5.2.5 Modelos ordinales sin protesta

Ya que al utilizar el modelo logístico binario con esta base de datos no se obtiene una significancia del coeficiente o de la variable oferta por encima del 90%, se recurre al modelo logístico ordinal para estimar la DAP; inicialmente, el modelo para la muestra sin protesta sólo relaciona la respuesta a la pregunta de valoración con la oferta presentada (Tabla 6.61).

Tabla 6.61 Modelo ordinal básico para la muestra sin protesta

Resp fin or	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Oferta	.806781	.1045965	7.71	0.000	.6017756 1.011786
/cut1	3.708772	.6646064			2.406167 5.011377
/cut2	10.62226	1.518351			7.646343 13.59817

Fuente: STATA

La variable independiente es significativa por arriba del 95% y la DAP se encuentra entre 4.6 y 13 € (Tabla 6.62); este rango es similar en el corte superior al modelo en el que se incluyen las respuestas de protesta, pero difiere en el corte inferior pues la estimación es menor en más de 3 €. Estos límites también contienen la estimación realizada con el modelo logístico binario que sólo incluye la oferta como variable independiente.

$$DAP2 = \frac{(_b[/cut2])}{_b[Oferta]} \text{ y } DAP1 = \frac{(_b[/cut1])}{_b[Oferta]}$$

Tabla 6.62 Límites de la DAP para el modelo ordinal básico para la muestra sin protesta (MO1_SP)

Resp fin or	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
DAP2	13.16622	.4441028	29.65	0.000	14.03665 12.2958
DAP1	4.597	.4734452	9.71	0.000	5.524935 3.669064

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Para observar el efecto que tiene la sensibilidad ante el ruido y los factores socio-económicos en la DAP, al modelo anterior se suman otras variables. Los modelos analizados inicialmente en este apartado incluyen las variables que son significativas cuando la muestra incluye protestas. Los coeficientes y la comparación de estos modelos se presentan a continuación (Tabla 6.63):

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 6.63 Comparación de modelos con variables explicativas para la muestra sin protesta

Variable	MO1 SP	MO2 SP	MO3 SP	MO4 SP	MO5 SP
Resp_fin_or					
Oferta	.80678096***	.84094855***	.84829555***	.83705941***	.84673584***
Importanci~m		.75168251*	.70664937*		
Tenencia_viv		0.39856549			
Uso_grab		0.4809646	0.51727006	0.5302545	0.44059902
Ingresos_e~s			0.00025501	0.00025695	0.00029935
Imp_ais_cod				1.0710924	
Imp_ais_cod2					2.3383881*
cut1					
_cons	3.708772***	7.2672335***	7.3217648***	5.2814383***	6.8772334***
cut2					
_cons	10.622256***	14.716706***	14.940958***	12.8723***	14.3289***
Statistics					
N	271	271	271	271	271
ll_0	-179.01786	-179.01786	-179.01786	-179.01786	-179.01786
ll	-53.375843	-49.368252	-49.210351	-50.523923	-49.833963
chi2	251.28403	259.29921	259.61501	256.98787	258.36779
r2_p	0.70184068	0.72422722	0.72510926	0.7177716	0.72162574
aic	112.75169	110.7365	110.4207	113.04785	111.66793
bic	123.55804	132.34922	132.03341	134.66056	133.28064

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Fuente: STATA

El modelo 1 (MO1_SP), que sólo incluye a la oferta como variable explicativa, muestra mejor ajuste ya que su medida de información BIC es la menor (123.55). Sin embargo, en los demás modelos, no todas las variables son significativas por lo que se procedió a depurarlos. Para la muestra sin protesta, sólo la importancia que se le da al aislamiento acústico resulta ser una variable significativa que se suma a la oferta para incrementar la DAP (Tabla 6.64).

Tabla 6.64 Modelos ordinales compuestos para la muestra sin protesta

Variable	M1_SP	M2_SP	M5_SP
Resp_fin_or			
Oferta	.80678096***	.85470324***	.84293146***
Importanci~m		.75503436**	
Imp_ais_cod2			2.451598*
cut1			
_cons	3.708772***	6.8103617***	6.1935228***
cut2			
_cons	10.622256***	14.293549***	13.431243***
Statistics			
N	271	271	271
ll_0	-179.01786	-179.01786	-179.01786
ll	-53.375843	-49.928536	-50.671026
chi2	251.28403	258.17864	256.69366
r2_p	0.70184068	0.72109746	0.71694988
aic	112.75169	107.85707	109.34205
bic	123.55804	122.26555	123.75053

legend: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Fuente: STATA

En este caso, al introducir una variable relacionada a las prestaciones de la vivienda se mejora el ajuste y la capacidad predictiva de los modelos, y de los analizados, el mejor contiene la variable sin codificar

(M2_SP; BIC=122.27). La Tabla 6.65 muestra las medidas de ajuste y la capacidad predictiva del modelo M2_SP.

Tabla 6.65 Medidas del ajuste del modelo M2_SP

Measures of Fit for ologit of Resp fin or			
Log-Lik Intercept Only:	-179.018	Log-Lik Full Model:	-49.929
Prob > LR:	0.000		
McFadden's R2:	0.721	McFadden's Adj R2:	0.699
ML (Cox-Snell) R2:	0.614	Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2:	0.838
McKelvey & Zavoina's R2:	0.884		
Variance of y*:	28.318	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.963	Adj Count R2:	0.844
AIC:	0.398	AIC*n:	107.857
BIC:	-1395.909	BIC':	-246.974
BIC used by Stata:	122.266	AIC used by Stata:	107.857

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

Contrastando las razones de verosimilitud del modelo que incluye únicamente la constante con el que incorpora variables, se deduce que éstas tienen un efecto considerable en la respuesta final que emiten los encuestados y la probabilidad de que sus coeficientes sean igual a 0 es menor a 0,0001 (Prob > LR: 0.000).

En comparación al modelo en que no se incluyen otras variables de control además de la oferta (M1_SP), o cuando se codifican las variables (M3_SP), la bondad del ajuste (McFadden's R²=0.721 y McFadden's Adj R²=0.699) muestra que el modelo M2_SP tiene mejor capacidad explicativa, y que su capacidad predictiva (Count R²=96.3%) y de acierto (Adj Count R²=84.4%) con respecto a la que se tendría prediciendo para todos los casos el valor más común, son bastante elevadas.

Con la información del modelo M2_SP, el rango de la DAP_{media} está entre 11.5 y 20.3 € (Tabla 6.66);

$$DAP2 = (_b[/cut2] + Importancia_aislam_m * _b[Importancia_aislam])/_b[Oferta] y$$

$$DAP1 = (_b[/cut1] + Importancia_aislam_m * _b[Importancia_aislam])/_b[Oferta]$$

Tabla 6.66 Cálculo del límite superior e inferior de la DAP para la muestra sin protesta con el modelo ordinal

Resp fin or	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
DAP2	20.28629	2.506232	8.09	0.000	15.37417	25.19842
DAP1	11.53099	2.483822	4.64	0.000	6.662789	16.39919

Fuente: Elaboración propia con información del STATA

Se observa que los valores de la DAP obtenidos para la muestra sin protesta resultan más conservadores que los estimados con el modelo que incluye respuestas de protesta y variables sin agrupar, pero estos modelos no son directamente comparables pues no incluyen las mismas variables, lo que parece estar justificado pues en este caso cada variable que se introduce incrementa la disposición a pagar.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Los cocientes de razón para el modelo M2_SP, al ser positivos, indican que un incremento en la magnitud de cada variable aumenta la probabilidad de obtener una respuesta positiva a las preguntas de valoración (Tabla 6.67).

Tabla 6.67 Cocientes de razón para modelos ordinales sin protesta

Resp fin or	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf.	Interval]
Oferta	2.350677	0.2695935	7.45	0	1.87746	2.943169
Importanci~m	2.127685	0.608654	2.64	0.008	1.214533	3.727395
/cut1	6.810362	1.445889			3.976472	9.644251
/cut2	14.29355	2.272582			9.839369	18.74773

Fuente: STATA

Para la muestra sin protesta, y con los cocientes estandarizados, la variable que más repercute en las probabilidades es la oferta; en este modelo, cuando los encuestados refieren darle mucha importancia al aislamiento de la vivienda también se incrementa la probabilidad de obtener una respuesta positiva a las preguntas de valoración, pero la contribución es sensiblemente menor al efecto que tiene la oferta (Tabla 6.68).

Tabla 6.68 Cocientes de razón estandarizados para el modelo M2

Resp fin or	b	z	P> z	e^b	e^bStdX	SDofX
Oferta	0.8547	7.452	0	2.3507	135.9807	5.7476
Importanci~m	0.75503	2.639	0.008	2.1277	1.9049	0.8535

Fuente: STATA

La interpretación por predicciones indica que la probabilidad de rechazo de las ofertas es mayor cuando la cantidad presentada es la mínima de los rangos establecidos (5 €). Al igual que en la muestra con protestas, esta probabilidad decrece cuando la oferta se incrementa (37.6% comparado 0.4% correspondiente a 11 €), lo que confirma que los participantes valoran de manera significativa el confort acústico de sus viviendas pero también, teniendo en cuenta las probabilidades de obtener respuestas positivas cuando se presentan las ofertas máximas, podría indicar que 5 €/mes de sobrecoste no representa monetariamente el cambio propuesto (Tabla 6.69).

Tabla 6.69 Efecto de la oferta en el modelo ordinal M2

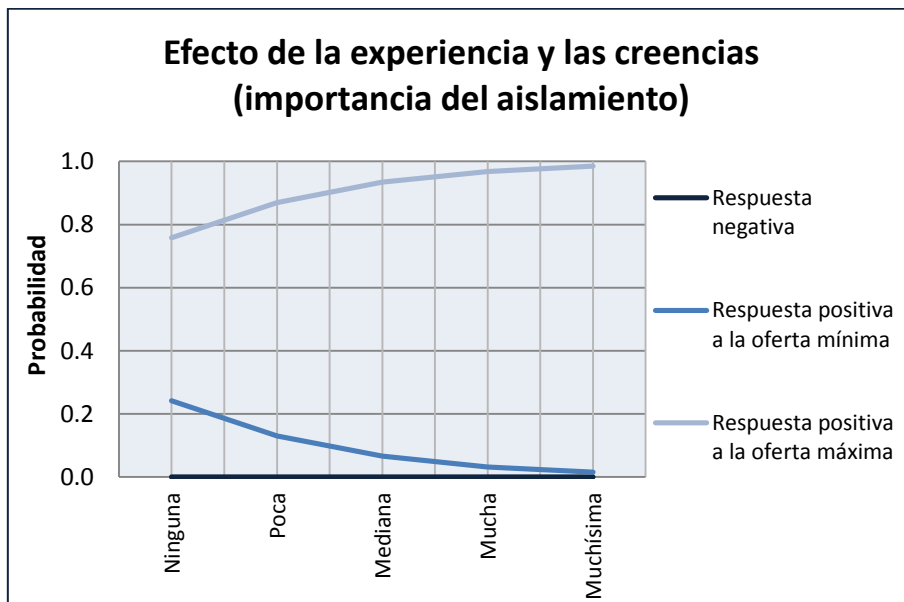
Probabilidades	Ofertas mínimas		Ofertas máximas	
	x=5	x=11	x=17	x=23
Pr(y=1 x):	0.3756	0.0036	0.0000	0.0000
Pr(y=2 x):	0.6235	0.8602	0.0362	0.0000
Pr(y=3 x):	0.0009	0.1363	0.9638	0.9998

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del STATA

El análisis de la variable "importancia del aislamiento" indica que las experiencias y creencias personales acrecientan la probabilidad de obtener una DAP alta (Gráfico 6.21); en todos los casos las probabilidades de obtener respuestas negativas son prácticamente nulas, pero al crecer la importancia que se da al aislamiento se incrementa las probabilidades de obtener respuestas positivas a la oferta máxima, de

manera que se pasa de 75.8% cuando no se da ninguna importancia al aislamiento, hasta al 98.5% cuando se le da muchísima, lo que representa un incremento de 22.7%.

Gráfico 6.21 Efecto de la importancia del aislamiento acústico



Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la muestra sin protestas se puede concluir que el modelo logit sólo puede ser utilizado a manera explicativa; con este modelo, las variables asociadas a la disposición a pagar son los ingresos familiares y el entorno acústico durante la aplicación de la encuesta, pues a menores niveles de ruido y con el uso de la simulación acústica se incrementa la probabilidad de obtener una respuesta positiva. Cuando se utiliza el modelo ordinal se obtiene que la DAP_{media} de la muestra está en un rango entre 11 y 20 € de incremento mensual en el alquiler de la vivienda, valores que dependen de la oferta que se presenta y de la importancia que los participantes dan al confort acústico de sus viviendas.

6.5.2.6 Comparación de modelos

Los modelos matemáticos, sin medidas de bondad y ajuste, sólo son orientativos. Para el cálculo sólo se utiliza la oferta como variable explicativa y los valores que se generan son superiores a los obtenidos con los modelos econométricos en donde sólo se incluye esta misma variable; no obstante, estos valores no se dispersan demasiado de algunas de las estimaciones obtenidas por la vía estadística. En ellos se hace evidente que el uso de la grabación como escenario de valoración incentiva a los participantes a emitir una respuesta favorable a las ofertas que se les presentan, aun cuando estas sean las superiores en cada rango.

En los modelos econométricos, la comparación de aquellos en los que se excluyen las protestas con respecto a los que se implementaron para la muestra total señala que el ajuste y la capacidad predictiva son mejores en los primeros, pero algunas variables que teóricamente ayudarían a explicar el

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

comportamiento de los participantes dejan de ser significativas estadísticamente. En este sentido los modelos que incluyen protestas parecen ser más completos y adecuarse mejor a los hallazgos de otras investigaciones.

El modelo en el que se incorporan un mayor número de variables que son significativas estadísticamente es el ordinal compuesto para la muestra total. En la Tabla 6.70 se sintetizan los resultados de los principales modelos analizados.

Tabla 6.70 Comparativa de la DAP_{media} obtenida por diversos modelos

Muestra	Modelo	DAP _{media} (€/mes)	Variables explicativas
Con protestas	Matemático		
	Conjunto	28.90	Oferta(s) presentada(s)
	Con grabación	30.02	
	Sin grabación	17.48	
	Tendencial	19.00	
	(punto de convergencia)		
	Logit		
	Básico (ML1)	10.33	Última oferta presentada (Oferta_2)
	Compuesto (ML6)	36.51*	
	Interpretación 2		Última oferta presentada (Oferta_2), Escenario de valoración (Uso_grab), Ingreso familiar mensual (Ingresos_encues)
Ordinal básico (MO1)			
Límite superior	13.02	Última oferta aceptada (Oferta)	
Límite inferior	7.74		
Ordinal compuesto (MO5)			
Límite superior	27.37	Última oferta aceptada (Oferta), Escenario de valoración (Uso_grab), Ingreso familiar mensual (Ingresos_encues), Importancia que se da al ambiente acústico de la vivienda (Imp_ais_cod2)	
Límite inferior	21.43		
Sin protestas	Matemático		
	Conjunto	28.45	Oferta(s) presentada(s)
	Con grabación	28.69	
	Sin grabación	25.01	
	Ordinal básico (M1_SP)		
	Límite superior	13.16	Última oferta aceptada (Oferta)
	Límite inferior	4.60	
	Ordinal compuesto (M2_SP)		
Límite superior	20.29	Última oferta aceptada (Oferta), Importancia que se da al ambiente acústico de la vivienda (Importancia_aislam)	
Límite inferior	11.53		

* Estimación realizada considerando el efecto positivo de las variables del modelo (incrementar la DAP).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que en todos los caso las variables explicativas incrementan la disposición a pagar, pues el signo de sus coeficientes siempre fue positivo. Del grupo de variables, la que siempre tiene mayor influencia estadística es el conjunto de ofertas que se presenta a cada participante. Como se ha mencionado, la prueba inicial de sensibilidad parece indicar que los rangos utilizados son pertinentes, aun cuando quizás fuese necesario presentar un conjunto mayor de ofertas.

A continuación aparece el uso de la grabación como escenario de valoración pero su efecto, en algunos modelos, es similar al de otras variables o incluso llega a desaparecer como variable significativa en los modelos sin protesta. Si bien es cierto que el uso de la grabación aumenta la probabilidad de obtener una respuesta favorable, a partir del segmento de la muestra en donde no se presentó esta herramienta

se puede concluir que existe la disposición a pagar por un mejor aislamiento y que en este caso el escenario presentado no induce sesgos que puedan modificar de manera significativa las estimaciones realizadas, por lo que podría considerarse que su influencia fue la esperada en un inicio: mostrar de una manera más objetiva el cambio que significa incrementar el aislamiento contra ruido aéreo proveniente del exterior.

Los ingresos familiares, reflejo del nivel educativo y de la condición laboral, así como la sensibilidad al ruido, manifiesta en la importancia que se da al aislamiento de la vivienda, son las otras variables que contribuyen a explicar si los participantes están dispuestos, o no, a pagar por reducir el ruido en sus viviendas. Como se esperaba, en los dos casos su efecto es positivo.

En cuanto a las estimaciones, la más conservadora se obtiene para la muestra sin protesta a través del modelo ordinal que sólo incluye a la oferta como variable explicativa. El límite superior de la DAP_{media} es mayor a 13 € de incremento mensual en el alquiler pero el inferior es de 4,6 €, valor que está por debajo del punto de equilibrio (aproximadamente 11 € para cubrir los sobrecoste de construcción). Sin embargo, además de que el modelo no incluye otras variables explicativas, los valores son los límites de un rango que contiene a la DAP_{media} y en todas las pruebas que se realizaron se comprobó que la probabilidad de obtener respuestas positivas para las ofertas altas ($Pr(y=3|x)$) es mayor que para las respuestas negativas ($Pr(y=1|x)$), o positivas a las ofertas bajas ($Pr(y=2|x)$), por lo que es de esperar que dicha DAP no este alejada del mencionado punto de equilibrio.

El mayor valor de la DAP_{media} se obtiene con el modelo logit en el que se incluyen otras variables explicativas además de la oferta, en donde todos los coeficientes se suman para alcanzar un valor que supera los 36 €, valor que está muy por encima del punto de equilibrio.

En general, los modelos ordinales mostraron mejor capacidad predictiva y de ajuste. En ellos se incluyen más variables que ayudan a explicar el comportamiento de los participantes y debido a su parametrización, los signos de la constante y de los coeficientes no generan conflictos durante la estimación de la DAP. Para estos modelos compuestos, los valores máximos de la DAP son de aproximadamente 27 € para la muestra total y de 20 € para la muestra sin protesta, mientras que los valores mínimos superan los 21 y 11 € respectivamente.

Teniendo en cuenta que las ofertas utilizadas son valores cercanos a los sobrecostes (los límites inferiores de los rangos presentados están por debajo o lo igualan), se podría considerar que las estimaciones son conservadoras. Sin embargo, aún con la más moderada, lo que la población está dispuesta a pagar podría equipararse a los sobrecostes de construir viviendas con un programa de obra típico, pero mejor aisladas.

Para esta muestra, al incluir otras variables además de la oferta, la disposición a pagar cuando menos iguala los sobrecostes calculados para la vivienda típica. De esta manera, cuando se ponen en juego otros factores como la sensibilidad o los ingresos, las estimaciones estadísticas generalmente superan la

erogación necesaria para atender los actuales requerimientos de aislamiento acústico en la vivienda de nueva planta, por lo que la implementación de la reciente normativa puede considerarse viable. Todos los valores obtenidos indican que existe la disposición a pagar para mejorar las condiciones acústicas de las viviendas, demostrando que la demanda de un mayor confort acústico se ve parcialmente atendida con la introducción del DB-HR.

En este apartado cabe resaltar la importancia del modelo logístico ordinal en el proceso de valoración ya que parece responder de manera más adecuada a la lógica del formato de pregunta OOHB: si al participante se le presentan más de dos opciones entre las que ha de elegir, este mismo número de respuestas es el que se ha de modelar para obtener la disposición a pagar. Esta lógica parece reflejarse en las estimaciones que se obtienen con él, pues en todos los casos (con y sin protesta) los resultados son consistentes en cuanto a los rangos en los que se ubica la DAP y en el efecto que tienen las distintas variables que son incluidos en cada modelo: para el modelo básico los límites son similares y a más variables que relaciona positivamente, mayor es el valor que se obtiene. De esta manera se puede concluir que los valores así obtenidos son más convincentes, pudiendo equipararlos con la DAP_{media} , y se pone de manifiesto la importancia de este modelo econométrico cuando se analiza un proceso de elección donde las posibles respuestas van más allá del “0 o 1” que corresponden a la elección discreta binaria.

Finalmente, con independencia del cálculo de la DAP por la vía estadística, se verifica que dicha DAP depende de la experiencia sónica del usuario, pero también de la percepción del silencio como un bien, percepción que seguramente está asociada a factores educativos y culturales. Más allá de demostrar que en Barcelona el precio de la vivienda se ve afectado por el ruido, la investigación contribuye a demostrar que las mejoras de los procesos constructivos se transforman en condiciones de habitabilidad que son valoradas positivamente por las personas, aun cuando esto signifique un incremento en el coste de adquisición del bien.

Capítulo 7. Conclusiones finales

La posibilidad de evaluar un proyecto a partir del valor que genera en la función de bienestar de los afectados constituye en sí mismo un atractivo campo de investigación; además, toda propuesta debería incorporar el objetivo de bienestar social para diferenciar entre la rentabilidad económica (que es objetiva y común) y la rentabilidad financiera (subjettiva y privada), a pesar de que lo anterior pueda significar que no existe un retorno financiero de la inversión (Alegret, 2001). Sumando a lo anterior la inquietud de conocer los fundamentos de la valoración de bienes que no estarán nunca a la venta es que se originó este proyecto de investigación, en donde se analiza el impacto que tiene en la sociedad la implementación del DB-HR, el cual se traduce en un cambio de las prestaciones acústicas de las viviendas.

La importancia del tema se manifiesta a través de la disposición a pagar por obtener potencialmente mejores condiciones acústicas en las viviendas, que en la mayoría de los casos es a su vez una respuesta reflexiva pese a lo hipotético del planteamiento metodológico.

7.1 Con respecto al control del ruido en la vivienda

En los últimos años, la legislación concerniente al tratamiento acústico en la edificación experimentó modificaciones con el fin de mejorar el rendimiento y equilibrar los requerimientos con las exigencias de otros países para hacer frente a la contaminación acústica que se sufre en la actualidad. El cambio normativo a todas luces vino a ser una mejora importante en las condiciones de habitabilidad, no sólo por el incremento en las exigencias prestacionales, sino porque demuestra una mejor interpretación y aplicación de los conceptos de la acústica en el proceso de la edificación.

En sí mismo el paso de la NBE al DB-HR parece importante no sólo por los niveles exigidos, sino por lo que implica su verdadero cumplimiento. Inicialmente, debido a que la NBE tenía un carácter prescriptivo en donde los procedimientos de diseño se tenían que cumplir para implícitamente satisfacer las necesidades de aislamiento, se limitaba la innovación. Con el CTE, de carácter prestacional, las soluciones presentadas en proyecto no se limitan, siempre y cuando se cumpla con las prestaciones requeridas.

Esta normativa refleja que para obtener los nuevos valores de aislamiento, la solución no necesariamente requiere de modificar el espesor o la masa de los materiales, sino cambiar los sistemas

y procedimientos constructivos por otros que principalmente demandan de buenas prácticas de ejecución, de manera que la aplicación del DB-HR supone una adaptación del sector de la edificación que se traduce en una mejora de la mano de obra y la recuperación de buenas prácticas constructivas, mismas que debido a la naturaleza de la intervención, en muchas ocasiones no suponen sobrecostes excesivos ni mayor complejidad en su diseño y ejecución.

Sin embargo, las comparaciones muestran que a pesar del salto cualitativo del DB-HR, España es uno de los estados comunitarios con menores exigencias en lo que se refiere a la protección contra el ruido. El CTE supuso un avance importante que probablemente deberá revisarse si España pretende equipararse a otros países de Europa, pues a pesar de colocarla en la línea de éstos, comparativamente las exigencias del DB-HR aún son bajas. Pero si se toma en cuenta que en algunos de esos países se emplean soluciones constructivas similares y se logran superar requerimientos más restrictivos, el cumplimiento de las actuales exigencias no debe ser difícil. En ese sentido, el cambio parece un primer intento para adquirir poco a poco la costumbre de construir mejor y conseguir mejores niveles en el futuro, sin causar inquietud por los elevados niveles de aislamiento y las repercusiones técnicas y económicas a la hora de construir.

Por otra parte, dado que este cambio normativo es una medida de mitigación que se aplica en la vía de transmisión de los sonidos, tiene una eficacia que sigue dependiendo de factores que están más allá de la correcta ejecución de lo diseñado, que en todo caso son condiciones ideales. Como ejemplo de esta dependencia basta pensar en el escenario que se presenta al momento de ventilar la vivienda de manera natural: al abrir las ventanas en un recinto las prestaciones acústicas en conjunto pueden cambiar de manera importante. Esta situación ya la hacían notar algunos de los participantes en la prueba piloto, pues al tener en cuenta su experiencia previa, cuestionaban sobre las condiciones en que se podría alcanzar el cambio propuesto; estos comentarios hacen ver que existe, cuando menos en una parte de los afectados, un conocimiento y entendimiento del problema.

Pero más allá de todo esto y a la luz de los resultados, en estos momentos los niveles de aislamiento exigidos en el DB-HR parecen ser adecuados para los barceloneses, de manera que estas prácticas pueden garantizar la mejora en el confort acústico, aportando un valor añadido a la vivienda. Así, la inclusión de unos buenos aislamientos puede servir para aportar un elemento diferencial a la hora de comercializar un inmueble tanto para el promotor, el proyectista y los instaladores, como para el usuario del mismo.

7.2 De la metodología empleada

A pesar de que toda persona cuenta con una experiencia previa que condiciona su respuesta a un estímulo acústico, el conocimiento y la experimentación del cambio normativo no tendría que existir necesariamente o ser homogéneo en esta población, lo que originó la definición de un marco teórico que sustentara el análisis y la discusión de un mercado aun sin consolidar. Condicionadas las

aproximaciones metodológicas a emplear, se concluyó que la opción viable en ese momento era el método de valoración contingente, el cual permitió determinar concretamente la disposición a pagar que las personas muestran por habitar una vivienda que cuenta con un mayor aislamiento, el cual está claramente definido por una especificación normativa.

Quizás en estos momentos el aislamiento no es uno de los criterios principales en la elección de vivienda, pues no es algo que resulte tangible en primera instancia, además de que se supone que es una de las prestaciones básicas de la vivienda, por ello el uso de la simulación acústica resultó una herramienta muy útil para tratar de concienciar que el aislamiento no se ve pero se nota en su ausencia. Parte del atractivo del método radica en el reto de recrear las condiciones que se alcanzarán cuando se dé el cambio propuesto, pero es en esta fase de la valoración contingente que radican las mayores probabilidades de fracasar, por ello la importancia que tiene el diseño de esta fase de la investigación.

En este caso, la legislación es reciente y resulta complejo para el potencial usuario de una vivienda poder obtener información sobre sus prestaciones acústicas, de manera que el escenario diseñado para aplicar la valoración contingente cumplió de manera adecuada su función, a pesar de las dudas que inicialmente generó el uso de la simulación acústica. Los resultados demuestran que fue una herramienta pertinente que contribuyó a estandarizar la percepción de los potenciales usuarios de las viviendas mejor aisladas y centró su atención en el cambio que se ofrece a través de las exigencias planteadas en el DB-HR. Además, con ella se hizo patente que de la conciencia que se tenga de las externalidades dependerá que se pueda afirmar que un proyecto tenga más valor que otro, y que resulta crucial que la información significativa esté en un mayor número de personas.

En contraparte se podría argumentar que el escenario muestra un panorama reducido de la extensa gama de posibilidades que se presentan en el diseño acústico residencial, condición que es cierta. Pero es necesario tener en cuenta que aun considerando el mismo incremento en el nivel de aislamiento de la fachada, el utilizar diferentes soluciones constructivas en la simulación hubiera derivado en la valoración de distintas prestaciones porque el comportamiento acústico de los materiales no es exactamente el mismo, lo que hubiera significado la pérdida de la homogenización en la presentación del bien.

De lo anterior se puede extraer una de las principales recomendación de este estudio, la cual se relaciona con el uso de la simulación acústica como una herramienta de marketing, pues al experimentar las condiciones acústicas que son posibles de alcanzarse con la actual normativa, las personas muestran interés en este tipo de vivienda. La simulación es una herramienta técnica y de extensión que los distintos actores del sector de la edificación pueden utilizar para crear condiciones objetivas que contribuyan a reactivar el deprimido mercado residencial; esta experiencia, podría emplearse como estrategia de comercialización para las viviendas que sí cumplan con las exigencias en un mercado que presenta una desaceleración en comparación de los años antecedentes.

Con respecto al modelo empleado para calcular la DAP, este se justifica a partir de los objetivos del estudio, que a su vez puede ser utilizado para la formulación de las políticas públicas destinadas a

mejorar las condiciones acústicas de las viviendas. En este caso la aproximación aportada por Cooper *et al.* (2002) permitió establecer la relación entre la disposición a pagar por mejorar las condiciones acústicas de las viviendas y las principales variables socioeconómicas y ambientales que le condicionan.

En conjunto, los resultados señalan que el formato de pregunta OOHB proporcionó, sin incurrir en sesgos detectables, los incentivos necesarios para que los participantes externaran su opinión acerca de la mejora en el aislamiento que fue propuesta; al atender la frecuencia de respuestas negativas iniciales se observó un rechazo mayor a la oferta más alta de cada rango, lo que sumado a las motivos para no pagar, sugiere que en general las personas realizaron una elección racional. Adicionalmente, cuando se modeló económicamente la probabilidad de obtener una respuesta final positiva, la oferta con menor probabilidad de suscitarla es aquella que está por debajo del punto de equilibrio de los costes (a ese precio no se alcanza el objetivo planteado, por lo que los participantes intuitivamente le rechazaban), lo que podría confirmar el supuesto anterior.

En general, pese a las dudas que surgen acerca del planteamiento teórico de la valoración contingente, los resultados extraídos en la investigación corroboran lo demostrado previamente en cuanto a que es un medio que permite obtener una aproximación del valor de un bien. Se debe hacer hincapié que los valores obtenidos mediante estos procedimientos son sólo eso, una aproximación que por otra parte pone de relevancia la magnitud de un problema, o como en este caso, la pertinencia de una política pública. Así, con este ejercicio, se vuelve a evidenciar que la técnica cuenta con fiabilidad para el análisis de políticas pública cuando a través del diseño se proporciona información pertinente a los participantes.

Por otra parte, se hacen evidentes algunas de las limitaciones de toda técnica de valoración: en este caso el método contingente contribuye a internalizar algunos de los costes producidos por el ruido pero no consigue que sean absorbidos por los agentes que lo producen, así como tampoco mejora las condiciones acústicas de las áreas urbanas ni facilita la asignación del control del ruido en el ámbito residencial, pues sólo tendrán acceso a las viviendas con más aislamiento las personas que puedan pagar una vivienda nueva.

7.3 Sobre los costes y beneficios del control del ruido en el ámbito residencial

Como se ha mencionado con anterioridad, los análisis realizados indican que la implementación del DB-HR se traduce en la adopción de prácticas constructivas que no suponen necesariamente sobrecostes excesivos ni gran complejidad técnica.

De la aplicación del método de valoración contingente se pueden extraer diversas conclusiones. Inicialmente los resultados de la encuesta demuestran que el problema del control del ruido en las áreas urbanas dista de estar solucionado. Analizando las respuestas obtenidas se observa que a pesar de que las personas parecen estar habituadas a las condiciones acústicas de su entorno residencial, llegando a considerarlas “normales” y por lo tanto estar dentro de lo que ellos suponen como límites aceptables, al enfrentan el posible cambio que se deriva de la implementación del DB-HR revaloran la importancia que

tiene el confort acústico; las respuestas favorables a la pregunta de valoración obtenidas en la mayoría de los casos hacen suponer que el problema de la contaminación acústica está vigente en la sociedad barcelonesa y que las exigencias prestacionales establecidas en el DB-HR se ajustan más a sus requerimientos actuales.

En cuanto a los modelos econométricos, que son la parte que cierra el proceso de acercamiento con la realidad (Plata en Jardon, 2009), en esta investigación se recurrió inicialmente al modelo logit para determinar la disposición a pagar y las variables que la explican. Posteriormente, al estar gestionando la información de la encuesta y asociarle con el formato de pregunta que se utilizó, se consideró que se podría recurrir a otros modelos de elección discreta, de manera que para esta muestra se recurrió a la regresión logística ordinal, la cual presentó los mejores indicadores de ajuste; a su vez, estos valores estadísticos hacen que el valor de la DAP sea más fiable para el análisis de la política pública en cuestión. Pese a ser mencionado por algunos investigadores (Lopez-Feldman, 2012), la implementación de este modelo de regresión es una de las aportaciones de la tesis pues empíricamente se comprueba que sus resultados son compatibles con los obtenidos por otras vías.

Los modelos de regresión utilizados denotan que en todos los casos la variable con mayor impacto en la probabilidad de que el individuo esté dispuesto a pagar por mejorar las condiciones acústicas de la vivienda está relacionada con las ofertas que se le presentan. Esto confirma que el problema de la contaminación acústica tiene aristas que en todo caso se manifiestan económicamente, aun cuando esta manifestación no sea precisa; pero también sugiere que en los momentos actuales, la mitigación de los efectos de la contaminación acústica podría supeditarse a otras necesidades que resultan más urgentes, que no importantes. Por ello resulta relevante aplicar rigurosamente las exigencias normativas a través de soluciones que no impacten significativamente el coste de la vivienda y aprovechar estrategias de comunicación, que no se basen únicamente en herramientas visuales, para transmitir la mejora que significa el cambio de los procesos de diseño y edificación.

También como se esperaba, la mayor proporción de personas que dijeron estar dispuestas a sufragar el cambio en el aislamiento fue la de aquellos que manifestaron mayor sensibilidad al ruido. Al correlacionar la disposición a pagar con las variables socioeconómicas y de percepción, se encontró que sólo los ingresos y el haber realizado en algún momento obras de aislamiento en la vivienda actual (manifestación del grado de sensibilidad del participante) influyen en esta decisión.

Metodológicamente, sólo la oferta ya mencionada y el escenario utilizado resultaron ser variables que estadísticamente son significativas para obtener una respuesta positiva a la pregunta de valoración, lo que viene a demostrar la importancia que tiene en el método de valoración contingente el diseño del escenario y de la pregunta de valoración.

Sin embargo, dado que los resultados señalan que existe una disposición a pagar las ofertas más altas, se presentan cuestionamientos con respecto a la implementación metodológica y la racionalidad de las respuestas obtenidas. Las conclusiones que se extraen de esto son las siguientes: en primera instancia,

esta disposición a pagar más por el confort acústico podría reflejar la relevancia que éste tiene para los encuestados, pues muestran gran disposición a pagar por él, pero también podría representar alguna inconsistencia metodológica, ya que la teoría económica sugiere que al aumentar los precios de un bien debería presentarse una disminución en el consumo que permita ajustar la curva de utilidad. La información disponible no permite precisar el comportamiento de los participantes, por lo que se considera que pudo haber algún defecto en el número de rangos de las ofertas presentadas.

Con independencia de lo anterior, al comparar la disposición a pagar para incrementar el nivel de aislamiento con el sobrecoste en el que se podría incurrir para proporcionar este cambio se obtiene lo siguiente: en términos de valor, a partir de la estimación más conservadora de la media mensual de la máxima disposición a pagar por familia, el experimento indicó que una familia promedio está dispuesta a pagar cuando menos los costes que se derivan de implementar el DB-HR en una vivienda típica, alcanzando con ello una reducción cercana a 7 dB(A) cuando el ruido aéreo proviene del exterior.

A finales del 2012, la evaluación de los costes y los beneficios indica que cada euro invertido en incrementar el aislamiento acústico de una vivienda en Barcelona, según lo establece el DB-HR, se ve compensado con lo que una familia promedio está dispuesta a pagar de incremento en el alquiler mensual por éste concepto, lo que indica que la mejora es económicamente viable.

Así, con respecto al objetivo principal de la investigación, se ha demostrado que las personas están dispuestas a pagar por incrementar las prestaciones acústicas de sus viviendas mediante el uso de mejores procesos tecnológicos y constructivos, y que monetariamente la nueva normativa es pertinente, pues los beneficios cuando menos igualan a los sobrecostes de implementar estos procedimientos; a pesar de lo sectorizado que puede resultar como medida de mitigación, el DB-HR tiene un beneficio social que supera los costes aparejados a la transformación del sector de la edificación de viviendas, por lo que en estos momentos es una respuesta pertinente a la demanda de mejorar las prestaciones acústicas del parque residencial.

Por otra parte, las propuestas de mejora no solo tratan el ámbito de la acústica, sino que se contemplan aspectos como el ahorro energético en la edificación, aportando beneficios sociales que no se valoran en esta investigación. En ese sentido la implementación de buenas soluciones acústicas se soslaya técnica y económicamente con el ahorro energético, de manera que cualquier intervención acústica de la envolvente que esté bien realizada lleva aparejada una mejora térmica.

Finalmente, como reflexión adicional de las estimaciones obtenidas para el control del ruido, no hay que olvidar que como en el caso de otros bienes ambientales, es importante conocer los beneficios que este recurso ofrece a la comunidad, incluso cuando pueda parecer que las valoraciones no tienen el grado de precisión requerido. En este sentido, la importancia de los resultados radica no tanto en su entidad específica, sino más bien en su potencial para proporcionar un punto de referencia (orden de magnitud) para el tomador de decisiones. Por tanto, parece recomendable evitar quedarse en la trampa de la

falacia lógica de precisión fuera de lugar, pues para este tipo de estimación parece que *"a veces es mejor ser vagamente correcto que precisos en el error"*.

7.4 Limitaciones de la investigación y líneas de investigación sugeridas

Debido a la naturaleza de este trabajo de investigación, existieron numerosas limitaciones. Aun cuando no se detectaron sesgos en el comportamiento de los participantes, la primera es de carácter teórico y está relacionada con el uso de los supuestos neoclásicos del comportamiento racional, ya que estos tienen una limitación y merecen ser considerados como un reflejo relajado de la realidad.

A partir de esto, y asociada a las restricciones en tiempo y recursos económicos, una limitación importante fue que sólo se utilizó una solución constructiva y una fuente de ruido para la simulación acústica, lo que simplificó el gran abanico de combinaciones que se pueden presentar. Por tanto, la consecuencia en términos del valor medio de la disposición a pagar es que éste debe observarse como una buena aproximación del beneficio social de implementar el DB-HR y no como el valor definitivo, ya que en Barcelona existen claras diferencias entre soluciones edificatorias, entornos urbanos y características socioeconómicas de la población. A favor del escenario de valoración obra que la solución constructiva surgió tanto del análisis detallado de un número importante de edificaciones recientes como de la información proporcionada por los arquitectos diseñadores y que la simulación acústica fue realizada por personal técnicamente calificado; tan importante como lo anterior es que esta focalización estandarizó la oferta del bien. Estas condiciones, que dieron factibilidad a la investigación, dejan abierta la posibilidad de replantearla en un futuro teniendo en cuenta otros contextos.

Metodológicamente otra limitante se refiere al número de ofertas presentadas. Pese a que los resultados en general sugieren que la técnica de valoración fue aplicada de manera pertinente, el análisis suscitó la posición de que con este formato de pregunta, los rangos de las ofertas deberían ser más ya que las opciones presentadas parecen ser reducidas, lo que en términos analíticos se traduce al menos en un problema de pérdida de información. Basado en esto se sugiere que en aplicaciones futuras del formato de pregunta OOHB, el diseño de las ofertas sea más numeroso y amplio (Boyle, 2003) y que al analizar una política pública, este diseño no sólo se fundamente en el punto de equilibrio de los costes en los que se debe de incurrir para llevar a cabo el cambio, como se hizo en este caso.

De manera genérica, aun cuando el enfoque de la investigación es básicamente cuantitativo, es decir con la idea de asignarle un valor monetario al control del ruido como un bien y determinar la influencia que éste tiene en las viviendas, los breves recorridos por los campos de la acústica y de la valoración demuestran que la percepción de los sonidos es un asunto que debe abordarse de múltiples maneras, entre ellas el análisis cualitativo, con el fin de generar una nueva y más amplia metodología de estudio (Gortari, 2010).

En cuanto a la pertinencia de la norma, se puede concluir que ésta atiende a las exigencias de la mayoría de la población, pues sin representar una inversión económica significativa se pueden mejorar

de forma importante las condiciones de habitabilidad de las viviendas. Sin embargo, la medida que se analiza actúa en la vía de transmisión (el aislamiento proporcionado por la vivienda) y no en la fuente, por lo que su eficacia dependerá de que no se modifiquen las condiciones de diseño.

Al igual que en el caso de la técnica de valoración, el mayor aislamiento marcado por el DB-HR ayuda a internalizar algunos de los costes del ruido, pero no necesariamente lo asigna al productor de la externalidad, por lo que en término de beneficio social no llega a representar el óptimo que se busca. El problema está en que no todas las personas podrán acceder a viviendas que hayan sido edificadas con estas condiciones. De aquí que el sector remanente probablemente tome mayor protagonismo, ya que prácticamente la totalidad de los edificios construidos lo han sido sin atender los criterios acústicos que aquí se comentan por lo que para las edificaciones recientes, construidas previamente a la implementación del DB-HR y que presenten problemas de ruido excesivo al interior, la solución podría estar en la rehabilitación del edificio. Ésta parece ser una buena opción para la construcción en los próximos años, no solo porque el mercado tardará en absorber las viviendas en stock, sino porque el ritmo de construcción de nueva vivienda difícilmente podría mantenerse. Aquí falta determinar si el beneficio es superior al coste de aislar dicho edificio, quedando abierta una línea de investigación: la justificación económica de la normativa cuando se aplica a la rehabilitación de edificaciones.

Bibliografía

AFELMA (2008). “**EI CTE DB HR, una normativa necesaria y fácil de cumplir**”. Directivos Construcción, No. 215. Octubre 2008. Pág. 44-50

Ajuntament de Barcelona (2007). “**Llibre Blanc de L’Habitatge a Barcelona**”. Institut Municipal d’Urbanisme. Disponible en: http://www.bcn.es/habitatge/doc/llibre_blanç.pdf

Ajuntament de Barcelona (2007-b). “**Mapa de Soroll Barcelona. Informe síntesi**”. Disponible en: http://cbab.bcn.cat/uhtbin/cgiisirsi/x/0/0/57/520/2383?user_id=CATALA

Ajuntament de Barcelona (2008). “**Mapa Estratègic de Soroll de Barcelona**”. Disponible en: <http://w3.bcn.cat/fitxers/home/080915dossiersoroll.368.847.pdf>

Ajuntament de Barcelona (2008-b). “**Análisis y diagnosis de la situación de la vivienda en Barcelona. Plan de Vivienda de Barcelona 2008-2016**”. Institut Municipal d’Urbanisme. Regidoria d’Habitatge. Disponible en: http://www.bcn.es/habitatge/esp/doc/pla_hab_ann_a.pdf

Ajuntament de Barcelona (2010). “**Pla per la reducció de la contaminació acústica de la ciutat de Barcelona 2010-2020**”. Disponible en: http://w110.bcn.cat/MediAmbient/Continguts/Vectors_Ambientals/Energia_i_qualitat_ambiental/Document_s/Fitxers/pla-soroll-web.pdf

Ajuntament de Barcelona (2011). “**Xifres d’Habitatge. Indicadors del Pla D’habitatge de Barcelona**” Patronat Municipal de l’Habitatge. Xifres d’Habitatge 27. Any 2010, 2n semestre

Ajuntament de Sitges (2004). “**La percepció social del soroll a Sitges. 1ª fase: Estudi qualitatiu**”. Sitges, España. Disponible en: http://www.sitges.cat/html/sitges_tema_a_tema/medi_ambient_i_sostenibilitat/mapa_acustic.html

Alegret B., A. (2001). “**La Externalización de los Valores Inmobiliarios: El Caso de la Sagrada Familia**”. Tesis Doctoral. UPC. Barcelona, España.

Alonso, F. (2002). “**The benefits of building barrier-free: a contingent valuation of accessibility as an attribute of housing**”. European Journal of Housing Policy 2 (1), pp. 25-44

Álvarez D., M. y González G., M. (2003). **“Modelización semiparamétrica y validación teórica del método de valoración contingente. Aplicación de un algoritmo genético”**. Revista de Economía Pública, 164-1. Pp. 29-47

Ambiente Italia Research Institute (2003). **“European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile”** Ancora Arti Grafiche. Milan, Italia.

Anderson, D., Sweeney, D. & Williams, T. (2012). **“Estadística para negocios y economía, 11ª ed.”**. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. México

Andrés A., F. (2003). **“El tratamiento administrativo de la contaminación acústica”**. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/acustica.pdf> Consultado: 26/07/2011

Arana, M., *et al.* (1999). **“Resultados del aislamiento acústico a ruido aéreo y de impacto en viviendas de nueva construcción en Pamplona”**. Revista de edificación 1999 (30). Pp. 51-54,

Arana, M., *et al.* (2004). **“Aislamiento acústico en viviendas de nueva construcción en Pamplona (1997-2003)”**. Revista de Acústica. Vol. 35. No. 3 y 4. Pp. 43-45

Arsenio, E. y Patricio, J. (2004). **“The Economic Valuation of Noise in Portugal: Some findings from its former stated preference experiment”**. Congreso Acústica 2004. Guimarães, Portugal.

Ayuntamiento de Bilbao. (2000). **“Mapa de ruidos de Bilbao. Estudio Psicosocial”**. Disponible en: http://www.bilbao.net/castella/mambiente/mapa_acustico/estudio_1999.pdf

Azqueta O., D. (1994). **“Valoración económica de la calidad ambiental”**. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. España

Azqueta O., D. (2002). **“Introducción a la economía ambiental”**. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. España

Baranzini, A. y Ramírez, J. (2005). **“Paying for Quietness: The Impact of Noise on Geneva Rents”** Urban Studies, Vol. 42, No. 4. Pp. 633-646

Baranzini, A. *et al.* (2010). **“Feel it or measure it. Perceived vs. measured noise in hedonic models (October 1, 2006)”**. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 15, No.8, pp. 473–482.

Barba, A., *et al.* (2007). **“Study of the Italian style theatre’s acoustic performance throughout the research job carried out in the “Teatro Principal” of Valencia”**. 19th International Congress on Acoustic. Madrid, España.

Barreiro, J. *et al.* (2005). **“How much are people willing to pay for silence? A contingent valuation study”** Applied Economics, 37. Pp. 1233-1246

Barrigón M., J. *et al.* (2002). **“Presentación de una encuesta para la realización de estudios sociales sobre el impacto del ruido urbano”**. Revista de Acústica. Vol. XXXIII. Nos. 1 y 2, pp. 27-33

Barti, R. (2004). **“El condicionament acústic en els edificis. El Codi tècnic de l'edificació”**. SAM. Suport la gestió ambiental d'activitats en el municipi. *Contaminació acústica*. No. 9. Marc 2009. pp 26-36. Diputació Barcelona

Bateman, I. *et al.* (2004). **“OOH LA LA: testing the one-and-one-half bound dichotomous choice elicitation method for robustness to anomalies”**. CSERGE Working Paper EDM 04-06. Disponible en: http://cserge.ac.uk/sites/default/files/edm_2004_06.pdf

Consultado: 15 de octubre de 2012

Bateman, I. *et al.* (2006). **“Incentive compatibility and procedural invariance testing of the one-and-one-half-bound dichotomous choice elicitation method: distinguishing strategic behaviour from the anchoring heuristic”**. Lincoln University. Commerce Division. Discussion paper no. 113. Disponible en: <http://researcharchive.lincoln.ac.nz/dspace/handle/10182/389>

Consultado: 15 de octubre de 2012

Baum, C. (2006). **“An introduction to modern econometrics using Stata”**. Ed. Stata Press. Texas, USA

Berglund, B., Lindvall, T. y Schwela, D. (1999). **“Guidelines for community noise”** World Health Organization, Geneva

Bockstael, N. y McConnell, K. (1981). **“Theory and Estimation of the Household Production Function for Wildlife Recreation”** Journal of Environmental Economics and Management, 8. Pp. 199-214

Bjørner, T.B (2004) **“Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction”**. Transportation Research Part D 9 pp. 341–356

Bottero, M. (2009). **“Verso un'analisi costi benefici «ambientale»”**. Pubblicazioni Ce.S.E.T., Italia, 0, giu. 2009. Disponible all'indirizzo: <<http://fupress.net/index.php/ceset/article/view/6501/6002>>. Data di accesso: 17 ott. 2012.

Boyle, K. (2003). **“Contingent valuation in practice”** Chapter 5 in Champ, P.A., Boyle, K.J. and Brown, T. C., *A Primer on Nonmarket Valuation*, Kluwer academic Publishers, pp.111-169

Brey, R. (2009). **“Valoración económica de externalidades asociadas a proyectos de transporte: Fundamentos y procedimientos”**. Documento de trabajo. Ministerio de Fomento. Disponible en: <http://www.evaluaciondeproyectos.es/EsWeb/Resultados/DocTrab/PDF/Actividad4/Es4-2.pdf>

Bristow, A. y Wardman, M. (2004). **“Using stated preference methods to value noise from transportation sources”** ACUSTICA 2004 IV IberoAmerican Congress on Environmental Acoustics (2004). Guimaraes, Portugal.

Cameron, T., y James, M. (1987). **“Efficient estimation methods for “closed-ended” contingent valuation surveys”**. Review of Economics and Statistics, Vol. 69, No. 2, pp. 269–276.

Carlsson, F., Lampi, E. y Martinsson, P. (2004). **“Measuring marginal values of noise disturbance from air traffic: Does the time of the day matter?”** Working Papers in Economics no. 125. Disponible en: http://www.econ.umu.se/digitalAssets/11/11063_ues627.pdf

Carrascal G., M. y Romero F., A. (2005). **“Caracterización acústica de elementos constructivos habituales en la edificación residencial española, mediante ensayos en obra y en laboratorio”** I Jornadas de Investigación en Construcción (Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja", Madrid, 2-4 junio 2005): Actas de las Jornadas. T. II, pp. 1093-1103. Disponible en: <http://digital.csic.es/handle/10261/5847>

Carrión I., A. (1998). **“Diseño acústico de espacios arquitectónicos”**. Edicions UPC. Barcelona, España.

Carson, R. (2000). **“Contingent Valuation: A User’s Guide”**. Environmental Science & Technology Vol. 34, No. 8, pp. 1413-1418

Carson, R. *et al.* (1997). **“Temporal reliability of estimates from contingent valuation”**. Land economics, 73-2, pp. 151-163.

Chan, E. *et al.* (2009). **“Value of buildings with design features for healthy living: a contingent valuation approach”**. Facilities Vol. 27 No. 5/6. pp. 229-249

Cho, S., *et al.* (2008). **“Modeling willingness to pay for land conservation easements: treatment of zero and protest bids and application and policy implications”**. Journal of agricultural and applied economics 40, 1- 267. pp. 267-285

Genjor E., C y Villacampa A., J. (2006). **“Efectos patológicos del ruido”**. Revista Ambienta nº 59. Octubre 2006. Pp. 30-36.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (2008). **“Libro Blanco sobre los efecto del ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía”**. Madrid, España. Disponible en: http://www.ambientum.com/revista/2008/mayo/pdf/Estudio_COITT_2008.pdf

Comisión de las Comunidades Europeas (1996). **“Política futura de lucha contra el ruido. Libro verde de la Comisión Europea”**. Bruselas, Bélgica. Disponible en: <http://www.juristas-ruidos.org/Documentacion/ruidolibroverde.pdf> Consulta: 02/08/2011

Comisión de las Comunidades Europeas (2003). **“Valuation of noise. Position paper of the Working Group on Health and Socio-Economic Aspects”**. Disponible en:

http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/valuatio_final_12_2003.pdf Consulta: 17/10/2011

Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (2006). **“Manual de cerramientos opacos: verticales simples, verticales compuestos, horizontales interiores, cubiertas”**. Ed. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.

Cooper, J. (1993). **“Optimal Bid Selection for Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys”**. Journal of Environmental Economics and Management 24, pp. 25-40

Cooper, J. (2002). **“Flexible Functional Form Estimation of Willingness to Pay Using Dichotomous Choice Data”**. Journal of Environmental Economics and Management 43, pp. 267-279

Cooper, J. & Signorello, G. (2008). **“Farmer Premiums for the Voluntary Adoption of Conservation Plans”**. Journal of Environmental Planning and Management, Volume 51, Issue 1, pp. 1-14

Cooper, J., Hanemann, W. & Signorello, G. (2001). **“One-and-One-Half Bound Dichotomous Choice Contingent Valuation”** UC Berkeley: Department of Agricultural and Resource Economics, UCB. CUDARE Working Paper No. 921. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/09c663b2>

Cucuzza, G., De Salvo, M., Signorello, G. (2007). **“Il valore della funzione paesaggistica del pistacchio sull'Etna”**. Pubblicazioni Ce.S.E.T., Italia, pp. 327-336. Disponible all'indirizzo: <<http://www.fupress.net/index.php/ceset/article/view/8370>>. Data di accesso: 16 ott. 2012.

Daumal D., F. (2002). **“Arquitectura acústica. Poética y diseño”**. Edicions UPC. Barcelona, España.

Daumal D., F y Gortari L., J. (2006). **“La influencia del ruido en el precio de la vivienda”**. TECNIACUSTICA 2006, Gandía, España.

Daumal D., F y Gortari L., J. (2008). **“La recuperación sonora de las islas del Ensanche, Barcelona”**. V Congreso Ibérico de Acústica 2008. Coímbra, Portugal.

Daumal, F. (2011). **“Restauración y rehabilitación acústica en la arquitectura patrimonial (realidad o mito de los modelos)”**. International Seminar on Virtual Acoustics. Valencia, España. Pp. 83-104

DEFRA (2002). **“Neighbour and Neighbourhood Noise - A Review of European Legislation and Practices: Research Contract EPG 1/2/36”**. Disponible:

http://www.defra.gov.uk/environment/quality/noise/research/euroreview/documents/noise_euro_review.pdf

De Salvo, M., Signorello, G., Missiato, A. (2012). **“Gli esperimenti di scelta a supporto della pianificazione forestale in Sicilia”**. Pubblicazioni Ce.S.E.T., Italia, pp, 1-25. Disponible all'indirizzo: <<http://fupress.net/index.php/ceset/article/view/11268/10779>>. Data di accesso: 17 ott. 2012.

Díaz S., C. *et al.* (2008). **“Los huecos de las fachadas de los recintos y su protección frente al ruido exterior”** Comunicado técnico. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina.

Díaz S., C. *et al.* (2010). **“Influencia en los niveles globales de inmisión sonora en un recinto de la utilización del rango de frecuencias de tercio de octava ampliado de 100 hz a 5 khz. Aplicación al caso de recintos donde uno de sus cerramientos es una fachada”**. Comunicado técnico. 6º Congreso Ibérico de Acústica. TECNIACUSTICA 2010. León, España.

“Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental”. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0049:ES:NOT>

Dolan, P. y White, M. (2007). **“How Can Measures of Subjective Well-Being Be Used to Inform Public Policy?”** Perspectives on Psychological Science, Vol. 2, No. 1, pp. 71-85

Domínguez, J. y Frías, J. (2006). **“Estudios prenormativos sobre el CTE DB-HR e impacto económico”**. Directivos Construcción. Octubre. Pág. 48-52

Durán M., R. y Vázquez R., M. (2009). **“Efectos sociales de la contaminación acústica. Una aplicación de valoración al transporte ferroviario”**. Revista de Economía Pública, 191-4. pp. 27-42

Eco, U. (2001). **“Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura”**. Ed. Gedisa, Barcelona.

Escobar M., M., Fernández M., E. y Bernardi, F. (2009). **“Análisis de datos con Stata. Cuadernos metodológicos 45”**. Ed. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid, España.

Esteban A., A. (2003). **“Contaminación acústica y salud”**. Rev. Obs. Medioambiental, vol. 6, pp.73-95.

Esteban N. J. (2003). **“La ordenación urbanística: conceptos, herramientas y prácticas”**. Ed. Electa. Barcelona, España

Fitch O., J. y García A., P. (2008). **“La incidencia de las externalidades ambientales en la formación espacial de valores inmobiliarios: el caso de la Región Metropolitana de Barcelona”**. ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, Año III No 6. Pp. 673-692

Fosgerau, M. y Bjørner, T. B. (2006). **“Joint models for noise annoyance and willingness to pay for road noise reduction”**. Transportation Research Part B 40. Pp. 164-178

Freeman, A. M. (2003). **“The Measurement and Resource Values: Theory and Methods”**. Second edition. Resources for the Future, Washington D.C.

Frutos, P. de y Esteban, S. (2009). **“Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente”**. Urban Public Economics Review, Numb. 10, pp. 13-51

Frykblom, P. (1997). **“Hypothetical question modes and real willingness to pay”**. Journal of Environmental Economics and Management 34. pp. 275-287

Galilea, P. y Ortúzar, J. (2005). **“Valuing noise level reductions in a residential location context”**. Transportation Research Part D 10. Pp. 305–322

Gans, J.S. (1999). **“Limited information, the possibility of rational choice and the contingent valuation method”** International Journal of Social Economics. Vol. 26. No. 1/2/3, pp. 402-414.

García, D. y Riera, P. (2003). **“Expansion versus Density in Barcelona: A Valuation Exercise”** Urban Studies, Vol. 40, No. 10, pp. 1925–1936

García S., B. y Garrido, F. (2003). **“La contaminación acústica en nuestras ciudades”**. Fundación La Caixa. Colección Estudios Sociales. Núm.12. Disponible en:
http://obrasocial.lacaixa.es/ambitos/estudiossociales/volumenes04_es.html

Generalitat de Catalunya (2008). **“Estadístiques sobre el mercat d’habitatges de lloguer a Catalunya”** Secretaria d’Habitatge. Número 9. Disponible en:
<http://www20.gencat.cat/portal/site/habitatge/>

Germán G., M y Santillán, A. (2006). **“Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro”**. Revista Bitácora Urbano Territorial. Año/vol. 1 No. 10. pp. 39-52

Giaccaria, S. (2009). **“Scenari ipotetici e mezzi di pagamento nel metodo della valutazione contingente: il caso del Parco e Castello di Racconigi”**. Pubblicazioni Ce.S.E.T., Italia, 0. Disponible all'indirizzo: <http://fupress.net/index.php/ceset/article/view/6500/6001>
Data di accesso: 17 ott. 2012.

Gidlöf-Gunnarsson, A., Öhrström, E y Ögren, M. (2007). **“Noise annoyance and restoration in different courtyard settings: Laboratory experiments on audio-visual interactions”**. Inter-Noise 2007. Estambul, Turquía

Gillen, D. (2004). **“The role of noise valuation in assessing infrastructure investment and management: a case study of Pearson International Airport”**. IV Ibero-American Congress on Environmental Acoustics. Lisboa, Portugal. pp.1-33

Giménez P., A. *et al.* (2011). **“Revisión de la acústica de salas: desde las medidas objetivas a la virtualización y evaluación subjetiva”**. International Seminar on Virtual Acoustics. Valencia, España. Pp. 14-31

Gomes Da Silva, R. (2005). **“Disposição a pagar para evitar danos à saúde oriundos das queimadas: uma aplicação do método de valoração contingente no estado do Acre”**. Tese doctoral. Universidade Federal de Vicosa. Minas Gerais, Brasil.

Gómez J., I., Martínez., P. y Romero C., R. (2008). **“Evaluación de la viabilidad del uso de los métodos de valoración económico-ambiental en un contexto espacial”**. Uned. Espacio, Tiempo y Forma. Serie VI, Nueva época. Geografía, Nº 1. Pp. 49-57

González B., P. (1990). **“El ruido como fenómeno psicosociológico y su percepción ciudadana”**. Servicio de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza, España.

Gortari L., J. de (2010). **“La revalorización de los sonidos y la calidad sonora ambiental del Barrio Gótico, Barcelona”**. Tesis doctoral. ETSAB UPC. Barcelona, España

Gould, W., Pitblado, J. y Poi, B. (2010). **“Maximum likelihood estimation with Stata. Fourth edition”**. Ed. Stata Press. Texas, USA

Granato, L. y Oddone, N. (2009). **“Valoración económica del medio ambiente: las propuestas de la economía ecológica y la economía ambiental”**. Revista OIDLES. Vol 3, Nº 7. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/oidles/07/go.htm>

Gregory, R. (1986). **“Interpreting Measures of Economic Loss: Evidence from Contingent Valuation and Experimental Studies”**. Journal of Environmental Economics and Management 13. Pp. 325-337

Hanemann, M. (1989). **“Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete response data: reply”**. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 71, No.4, pp. 1057-1061.

Hanemann, M., Loomis, J. y Kanninen, B. (1991). **“Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation”**. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 73, No.4, pp.1255-1263

Harris, C. M. (1995). **“Manual de medidas acústicas y control del ruido”**. Tercera edición. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.

Henry-Osorio, M. & Mittelhammer, R. (2012). **“An Information-Theoretic Approach to Modeling Binary Choices: Estimating Willingness to Pay for Recreation Site Attributes”**. Selected Paper prepared for the Agricultural & Applied Economics Association’s 2012 AAEA Annual Meeting, Seattle, Washington.

Hernández L., E. y Carrillo O., M. (2003). **“Valoración de las pérdidas de bienestar causadas por el ruido en la población usando métodos de valoración contingente (encuestas)”** Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (11.1). Pp. 60-65

Hernández S. R.; Fernández C., C. y Baptista L., P. (2006) **“Metodología de la investigación”**. Cuarta edición. McGraw-Hill. México DF.

Herranz, M.K., Cortés, A. y Fuente, M. (1999). **“Avance del estudio psicosocial de la respuesta al ruido ambiental de la población residencial en el municipio de Ávila”**. Revista Tecni-Acústica, pp.1-7.

Herranz, M. K. y Proy, R. (2003). **“¿Cómo se puede medir el coste social del ruido de trenes en España?”**. Tecni-Acustica. Bilbao, España.

Hite, D. (2009). **“Factors Influencing Differences between Survey and Market-based Environmental Value Measures”**. Urban Studies, Vol. 46, No. 1, pp. 117-138

Hornikx, M. y Forssén, J. (2007). **“Improving the shielding of road traffic noise in courtyards: absorption treatments”** INTER-NOISE 2007. Estambul, Turquía

Horowitz, J. K. y McConnell, K.E. (2003). **“Willingness to accept, willingness to pay and the income effect”** Journal of Economic Behavior & Organization Vol. 51, pp. 537–545

Hui, C.M. (1999). **“Willingness to Pay for Better Housing in Hong Kong: Theory and Evidence (of Dwelling Space)”** Urban Studies, Vol. 36, No. 2, pp. 289-304

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja e Hispalyt (2008). **“Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación”**. Ed. Hispalyt

Isover. **“Las Clases de Confort Acústico Isover. Sin ruidos: una vida mejor”**. Disponible en: <http://www.isover.es/Documentacion-Descargas/Documentacion> Consultado: 30/01/2012

Jaime P, A. y Tinoco-López, R. (2006). **“Métodos de valuación de externalidades ambientales provocadas por obras de ingeniería”**. INGENIERÍA. Investigación y Tecnología. Abril-Junio. Vol. VII. No. 2. UNAM. Pp. 105-118

Jardon, J.J (2009). **“Temas de Teoría Económica y su Método”**. Editorial Thomson Civitas. España.

Jennings, P. y Cain, R. (2013). **“A framework for improving urban soundscapes”**. Applied Acoustics 74. pp. 293-299

Jiménez L., F. y Rams R., C. (2002). **“Crecimiento económico en un contexto de desarrollo sostenible”**. ICE. Desarrollo Sostenible. Junio-Julio. No. 800. Pp. 47-64

Júdez, L., *et al.* (2000). **“Influence of bid and subsample vectors on the welfare measure estimate in dichotomous choice contingent valuation: Evidence from a case-study”**. Journal of Environmental Management 60, pp. 253-265.

Kedir, A. (2011). **“Contingent valuation technique: A review of literature”**. ISABB Journal of Health and Environmental Sciences Vol. 1(1), pp. 8-16, November 2011. Available online at: <http://www.isabb.academicjournals.org/JHE>. Consultado: 15 octubre de 2012

Kim, J. H., Pagliara, F. y Preston, J. (2005) **“The Intention to Move and Residential Location Choice Behaviour”** Urban Studies, Vol. 42, No. 9, pp. 1621–1636.

Klytchnikova, I. y Lokshin, M. (2009). **“Measuring welfare gains from better quality infrastructure”** Journal of Infrastructure Development, Vol. 1, No. 2. Pp 87-109

Langford, I. H., y Bateman, I. J. (1993). **“Welfare measures for contingent valuation studies: estimation and reliability”**. Global Environmental Change Working Paper, 93(04).

León, C.J. (1995). **“El método dicotómico de valoración contingente: una aplicación a los espacios naturales en Gran Canaria”** Investigaciones Económicas. Vol. XIX (1), pp. 83-106

Li, H.N. *et al.* (2009). **“Valuing road noise for residents in Hong Kong”**. Transportation Research Part D 14. Pp. 264–271

Loomis, J., *et al.* (2000). **“Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey”**. Ecological Economics, 33, pp. 103–117.

López Barrio, I. (1998). **“Factores físicos medioambientales”**. En J.I. Aragonés y M. Américo (comp.) Psicología Ambiental. Ed. Pirámide, Madrid, pp. 77-100.

López Barrio, I. (2000). **“Medio ambiente sonoro y su valoración subjetiva”**. Física y Sociedad. Revista del Colegio Oficial de Físicos, núm. 11. Disponible en: http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11/fys11_45-48.pdf

López Barrio, I. y Guillén R., J. D. (2005). **“Calidad acústica urbana: influencia de las interacciones audiovisuales en la valoración del ambiente sonoro”**. Medio Ambiente y Comportamiento Humano, 6(1), pp. 101-117

Lopez-Feldman, A. (2012). **“Introduction to contingent valuation using Stata.”** MPRA Paper No. 41018 posted 04. Pp. 1-17. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/41018/>

Low, S. P., Liu, J. Y. y Oh, K. H. (2008). **“Influence of total building performance, spatial and acoustic concept on bulldability scores of facilities”**. Facilities. Vol.26 No.1/2, pp.85-104.

Machimbarrena G., M. (1999). **“Estudio comparativo del aislamiento sonoro por los métodos de presión y de intensidad”**. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid. Valladolid, España.

Machín H., M. y Casas V., M. (2006). **“Valoración económica de los recursos naturales: Perspectiva a través de los diferentes enfoques de mercado”**. Revista Futuros No 13. Vol. IV. Disponible en: <http://www.revistafuturos.info>

Malhotra, N.K. (2008). **“Investigación de mercados. Quinta edición”** Ed. Pearson Educación. México.

Mankiw, N.G. (2009). **“Principios de economía. Quinta edición”**. CENGAGE Learning Editores, S. A. de C.V. México.

Marmolejo D., C. (2008). **“La Incidencia de la Percepción del Ruido Ambiental sobre la Formación Espacial de los Valores Residenciales: Un Análisis para Barcelona”**. Revista de la Construcción. Volumen 7, No. 1. pp. 4-19

Marmolejo D., C. y Frizzera, A. (2008). **“¿Cuánto estamos dispuestos a pagar por el silencio?: un análisis contingente para la ciudad de Barcelona”**. ACE. Año III, Núm. 7. pp. 21-38

Marmolejo D., C. y Roca C., J. **“The noise impact on residential environments in contemporary metropolises: the case of Barcelona”**. Disponible en: http://www-cpsv.upc.es/documents/Noise_Krakow_The_Heart_of_the_City.pdf

Marmolejo D., C. y Romano, J. (2009). **“La valoración económica social del ruido aeroportuario. Un análisis para el entorno residencial del Aeropuerto de Barcelona”** Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales, XLI (159), pp. 65-86

Márquez P., D. (2008). **“30 dBA en España”**. Comunicado técnico. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina.

Martimortugués G., C. (2002). **“Ruido y estrés ambiental”**. Ed. Aljibe.

Martimortugués G., C. (2003). **“Contrastación de la escala de Zimmer y Ellermeier para la evaluación de la sensibilidad al ruido en una población española”**. Comunicado técnico. Techni-Acustica. Bilbao, España.

Martimortugués G., C. (2009). **“Procesos psicoambientales básicos y ruido”**. REútil No. 48. Valencia, España. Pp. 14-15

Martimortugués G, C. y Canto O., J. (2005). **“Costos ambientales y coste social del ruido de ocio”**. Revista Acústica. Vol. 36, Núm. 3 y 4, pp. 11-19

Martimportugués, C., Gallego, J. y Ruíz, F. D. (2003). **“Efectos del ruido comunitario”**. Revista Acústica. Vol. 34, Núm. 1 y 2, pp. 31-39

Martín B., M. *et al.* (2003). **“Elaboración de la encuesta y elección de la muestra para el estudio psicosocial de la molestia ocasionada por el ruido”**. Comunicado técnico. TecniAcustica. Bilbao, España.

Martín B., M. *et al.* (2003-b). **“Estudio psicosocial de la molestia ocasionada (sic) por el ruido en la población de Valladolid. Análisis de los resultados”**. Comunicado técnico. TecniAcustica. Bilbao, España.

Martín B., M. *et al.* (2006). **“Exposure–effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain”**. Applied Acoustics 67. Pp. 945–958

Martín B., M. *et al.* (2010). **“Estudio de la percepción del ruido por los ciudadanos. Relaciones Dosis-Efecto”**. Revista de acústica, Vol. 41, Nº. 3-4, pp. 13-19

Martínez, P. (2004). **“Economía ambiental y ordenación del territorio”**. Ecosistemas. Enero-Abril, Vol. 13 No.001

Martínez S., A. (2005). **“Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica”**. Revista de Economía y Administración, Universidad Autónoma de Occidente. Disponible en: <http://ideas.repec.org/a/col/000156/003915.html>

Mas T., A. (2005). **“Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología”**. Editorial UPV. Valencia, España.

Meza M., L. y Recuero L., M. (2008). **“Análisis y Comparación de Aislamiento Acústico en Viviendas y Edificios de Nueva Construcción”**. Revista de la Construcción. Vol. 7, No. 1 pp. 20-26

Ministerio de Fomento (2008). **“Documento Básico HR. Protección frente al ruido”**. Disponible en: http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&itemid=226

Ministerio de Fomento (2009). **“Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido”**. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentosadicionales/complementarios/index.html>

Ministerio de Fomento (2010). **“Código Técnico de la Edificación”**. Disponible en: http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&itemid=226

Ministerio de Fomento (2011). **“Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, v2.1”**. Disponible en: <http://www.itec.es/cec/Pages/BusquedaSC.aspx> Consultado: Mayo 2013

Mitchell, R. y Carson, R. (1989). **“Using surveys to value public goods: The contingent valuation method”**. Resources for the Future. Washington, DC.

Mohamed, R. (2006). **“The Psychology of Residential Developers. Lessons from Behavioral Economics and Additional Explanations for Satisficing”** Journal of Planning Education and Research 26, pp. 28-37

Mogas A., J. (2004). **“Métodos de referencias reveladas y declaradas en la valoración de impactos ambientales”**. Ekonomiaz: Revista vasca de economía, Nº. 57 (Ejemplar dedicado a: Valoración de activos ambientales. La catástrofe del Prestige), pp. 12-29

Monjo C, J. y Lacamba M., J. (2007). **“El detalle constructivo en arquitectura”**. Ed. Munilla-Lería. Madrid, España. 79 p.

Moreno, R. *et al.* (2005). **“Potencialidades del estudio psicosocial como herramienta complementaria de los mapas acústicos: una reflexión metodológica desde la sociología”**. Comunicado técnico. Tecni-Acústica. Terrassa, España.

Navrud, S. (2000). **“Economic benefits of a program to reduce transportation and community noise: A contingent valuation survey”**. Inter-Noise 2000. Niza, Italia.

Navrud, S. (2002). **“The State of the art on economic valuation of noise. Final report to the European Commission, DG Environment”** Disponible en:
http://www.cevreselgurultu.cevreorman.gov.tr/dosya/background_information/noise_monetisation_EU_WG_HSAE.pdf

Nellthorp, J. *et al.* (2007). **“Introducing Willingness-to-pay for Noise Changes into Transport Appraisal: An Application of Benefit Transfer”** Transport Reviews, Vol. 27, No. 3, pp. 327–353

Nijland, H. *et al.* (2003). **“Cost and benefit of noise abatement measures”** Transport Policy 10. pp. 131-140.

Nijland, H. y Van Wee, B. (2008). **“Noise valuation in ex-ante evaluation of major road and railroad projects”**. ETJIR 8(3), pp. 216-226

“Norma básica de la edificación NBE-CA-88, sobre condiciones acústicas en los edificios”. Disponible en: <http://www.isover.net/asesoria/manuales/nbeca88.htm>

Öhrström, E. *et al.* (2006). **“Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness”**. Journal of Sound and Vibration 295. Pp. 40-59

OMS (1999). **“Guías para el ruido urbano”** Editado por B. Berglund, T. Lindvall y D. H. Schwela. Londres, Reino Unido. 14 pp. Disponible en:

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/ruido/ruido2.pdf>

Ortúzar S., J. (2000). **“Modelos econométricos de elección discreta”**. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Osorio M., J. y Correa R., F. (2009). **“Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente”**. Semestre Económico, Vol. 12, No. 25, pp. 11-30. Medellín, Colombia

Patronat Municipal de l'Habitatge (2010). **“Xifres d'Habitatge 27”**. Any 2010, 2n semestre. Disponible en: <http://www.pmhb.cat/reprodoc/62906-20110502125527.pdf>. Consultado: 11/11/2011

Permanyer P., E. (1981). **“El detall constructiu a la pràctica de la professió”**. COAC. Barcelona, España.

Pérez L., C. (1997). **“Valoración inmobiliaria. Aplicaciones urbanísticas y expropiaciones”**. Edicions UPC. Barcelona, España.

Plata P., L. (2008). **“Una tipología de modelos económicos”**. Serie Cuadernos Económicos de la Facultad de Economía de la UASLP. Pp.1-14

Powe, N., *et al.* (2006). **“Difficulties in valuing street light improvement: trust, surprise and bound effects”**. Applied Economics, num. 38, pp. 371–381.

Promateriales (2011). **“Aislamiento y acondicionamiento acústico: ni un ruido”**. Revista Promateriales. Núm. 42. Marzo. pp. 51-77. Disponible en: http://www.editorialprotiendas.com/revistas-arquitectura/descargar-revistas-arquitectura.php?id_numero=75

Puente C., J. de la y Rodríguez R., F. (2004). **“Aislamiento acústico y sistemas constructivos: ensayos “in situ””**. Libro de actas del Congreso Ibérico de Aislamiento Térmico y Acústico (CIATEA). Gijón, España. Pp. 395-405

Rahmatian, M. y Cockerill, L. (2004). **“Airport noise and residential housing valuation in southern California: A hedonic pricing approach”** International Journal of Environmental Science & Technology. Vol. 1, No.1, pp. 17-25

Raimbault, M. y Dubois, D. (2005). **“Urban soundscapes: Experience and knowledge”**. Cities, Vol. 22, Num. 5. Pp. 339-350

Rall, J., Miyara, F. (2000). **“Análisis Dinámico Urbano: nuevos enfoques para actuar contra el ruido”**. Comunicación Técnica. Tecni-Acústica. Madrid, España.

“Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas (BOE 23/10/2007)”. Disponible en:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/FERROCARRILES/INFORMACION/NORMATIVA/3IMPACTO/RD_1367_2007.htm

“Resolución de 30 de octubre de 1995, por la que se aprueba una ordenanza tipo, reguladora del ruido y las vibraciones (DOGC nº 2126, 10.11.1995)”. Disponible en:

http://www.construtecno.es/files/com_adsmanager/ads/pdf/954627e.pdf

Riera, P. (1992). **“La evaluación de grandes infraestructuras viarias en la Región Metropolitana de Barcelona”**. Transport i xarxa viària, no. 10, pp. 45-51.

Riera, P. (1994). **“Manual de Valoración Contingente”**. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid, España. Disponible en: <http://webs2002.uab.es/prieram/manual.htm>

Riera, P. **“Fundamentos teóricos de la valoración contingente”**. Apuntes de clase. Disponible: <http://pagines.uab.cat/pere.riera/sites/pagines.uab.cat.pere.riera/files/cvevgraf.pdf> Consultado: 23/mayo/2011.

Riera, P., Brey, R. y Gándara, G. (2008). **“Diseño de pagos para aproximaciones no paramétricas en valoración contingente con formato dicotómico simple”**. Revista de Economía Pública, 186-(3/2008), pp. 43-60

Rocha, C. y Carvalho, A. (2005). **“Social Acoustic Survey and Noise Mitigation Solutions on a Portuguese Urban Highway”** Inter-Noise 2005. Río de Janeiro, Brasil

Romero F., A. y Carrascal G., M. (2005). **“La Ley del ruido y sus implicaciones en la edificaciones”** I Jornadas de Investigación en Construcción (Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja", Madrid, 2-4 junio 2005): Actas de las Jornadas. T. II, pp. 799-810.

Ruiz, G. (1985). **“Mercado, precios y la valoración socio/económica del medio ambiente”**. Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales. No.16, págs. 51-73 Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2281022>

Salas V., M. (1996). **“La regresión logística. Una aplicación a la demanda de estudios universitarios”** Estadística Española, Vol. 38, Núm. 141, pp. 193-217

Samuelson, P. A. y Nordhaus, W. D. (2010). **“Economía. Con aplicaciones a Latinoamérica. Decimonovena edición”**. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México

Saz, S. del (2004). **“Tráfico rodado y efectos externos: valoración económica del ruido”**. Ekonomiaz No. 57, 3^{er} Cuatrimestre. Pp. 46-67

Saz, S. del, García M., L. y Contreras N., J. (2001). **“Conocimiento previo y disposición a pagar por mejoras ambientales”**. VIII Encuentro de Economía Pública. Cáceres, España. Pp 1-23. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3140668>

Signorello, G. (2007). **“La valutazione economica del paesaggio: aspetti metodologici e operativi”**. XXXVI Incontro di Studio Ce.S.E.T., pp. 83-102. Disponible en: <http://91.121.146.53/index.php/ceset/article/viewFile/8136/7634> Consultado: 15 octubre 2012

Signorello, G. (2009). **“Contabilità ambientale e valutazione contingente: osservazioni sulla costruzione del questionario”**. Pubblicazioni Ce.S.E.T., Italia. Disponible all'indirizzo: <http://fupress.net/index.php/ceset/article/view/6983/6484> . Data di accesso: 17 ott. 2012.

Signorello, G. y De Salvo, M. (2007) **“Preferenze monetarie per la tutela del paesaggio dei conetti vulcanici pedemontani etnei: primi risultati di un esperimento di scelta”** XXXVI Incontro di Studio Ce.S.E.T., pp. 317-326. Disponible en: <http://www.amati.fupress.net/index.php/ceset/article/viewFile/8369/7860>. Consultado: 15 octubre 2012

Simancas Y., K. (2003). **“Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo”**. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. Disponible en: <http://tdx.cat/handle/10803/6113>

Smith, S. *et al.* (2006). **“The development of robust details for sound insulation in new build attached dwellings”**. Journal of Building Appraisal. Vol. 2 No. 1. Pp 69-85.

Solà-Morales, M. (1997). **“Las formas de crecimiento urbano”**. Edicions UPC. Barcelona, España.

Toriija, A. *et al.* (2011). **“Relationship between road and railway noise annoyance and overall indoor sound exposure”**. Transportation Research Part D 16. Pp. 15-22

Trombetta Z., P., Krüger, E. y Lucio D., A. (2008). **“Acoustic and luminous performance evaluations in classrooms in Curitiba, Brazil”**. Indoor Built Environ. Vol. 17. No. 3. Pp. 203–212

Uclés A., D. (2006). **“El valor económico del medio ambiente”**. Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de ecología y Medio Ambiente 15 (2). Pág. 66-71

Van Praag, B.M.S. y Baarsma, B. (2004) **“Using happiness survey to value intangibles: the case of airport noise”**. CESifo Working Paper No. 1163

Vázquez R., M.X. (2002). **“Estimación económica de los beneficios para la salud del control de la contaminación del aire. El caso de Vigo”**. Revista Galega de Economía. Vol.11, núm. 002, pp. 1-18

Verbeek, M. (2008). **“A Guide to Modern Econometrics”**, Sussex: Wiley, third edn.

Vida, J. *et al.* (2006). “**Valoración de la molestia por contaminación acústica mediante relaciones dosis-efecto**”. CONAMA 8. Comunicado Técnico

Vorländer, M. (2007). “**Cómo los expertos acústicos hablan con la “gente normal”**”. Revista de acústica, Vol. 38, Nº. 1-2, pp. 29-45

Willis, K.G. *et al.* (2005). “**Estimating the Value of Improved Street Lighting: A Factor Analytical Discrete Choice Approach**” Urban Studies, Vol. 42, No. 12, pp. 2289–2303

World Bank Institute (2002). “**Contingent valuation: Session 28**”. Lesson from the Environmental Economics and Development Policy Course. Washington, DC, July 15-26, 2002. Disponible en: <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/36513/TheoryMethodContingentValuation.pdf>

Yang, W y Kang J. (2005). “**Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces**” Applied Acoustic 66 pp. 211-229

Zhao, J. y Kling., C. (2004). “**Willingness to pay, compensating variation, and the cost of commitment**” Economic Inquiry. Vol.42. No. 3 pp. 503 -517

SITIOS WEB

IDESCAT, Anuario estadístico de Cataluña, Vivienda y construcción:
<http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=728&lang=es> Consultado el 27/03/2012

Mapas estratégicos de aglomeraciones:

<http://www20.gencat.cat/portal/site/dmah/menuitem.198a6bb2151129f04e9cac3bb0c0e1a0/?vgnnextoid=f6aa445cbd47210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=f6aa445cbd47210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default> Consultado: 14/04/11

Normativa sobre acústica en la página web de la Generalitat de Catalunya):

http://www20.gencat.cat/portal/site/dmah/menuitem.64be942b6641a1214e9cac3bb0c0e1a0/?vgnnextoid=dc930fdb0f2b210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=dc930fdb0f2b210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default&newLang=es_ES#Bloc1771d8bdd2f2b210VgnVCM2000009b0c1e0a

Portal de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya:

<http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/menuitem.d3cc43746393685ec366ec10b0c0e1a0/?vgnnextoid=d530e834b9e96210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=d530e834b9e96210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default>

Promociones Vallehermoso:

<http://www.vallehermoso.es/vhpromociones/vivienda/202535/65/vivienda.jsp#>

Consultado: 20/10/2010

Visor del mapa de ruido: <http://sima.gencat.cat/Visors/Soroll/Inici.html>

Anexo 1: Características de la vivienda de reciente creación

Según el DB-HR, el aislamiento acústico de una vivienda depende tanto de las técnicas y materiales empleados en su construcción, como de su ubicación; para determinar las emisiones es necesario tener en cuenta la ubicación de la vivienda, tanto en el contexto urbano como al interior de la edificación, además de las fuentes de ruido a las que se encontrará expuesta. En cuanto a las inmisiones al interior de cada unidad, estas dependerán de la clasificación y relación entre recintos, así como de la ejecución adecuada de las soluciones constructivas que se adopten en el diseño de los elementos de separación vertical y horizontal.

En este sentido, estudios de valoración económica del ruido (Arsenio y Patrício, 2004; Saz, 2004; Barreiro *et al.*, 2005; Daumal y Gortari, 2006; Marmolejo y Frizzera, 2008) han encontrado que algunos de los atributos que condicionan el ambiente acústico de una vivienda son su posición, la fachada de exposición, las características urbanísticas, el tipo de fuente y su distancia, la presencia de aislamiento o el tipo de carpintería. Por su parte, algunos estudios basados en el método de precios hedónicos mencionan, entre otros atributos, a los siguientes: la clasificación de la vivienda, su localización zonal y en la edificación, la superficie total y su relación con los recintos, tipos de externalidades y la calidad general de sus materiales (Marmolejo, 2008, Baranzini y Ramírez, 2005 y Rahmatian y Cockerill, 2004).

Teniendo en consideración lo anterior, y con la finalidad de determinar las principales características de las viviendas construidas en fechas recientes en Barcelona, se analizó la información capturada durante los años 2006-2008 para un estudio de vivienda y crecimiento urbano desarrollado por el Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la UPC. De este estudio, después de eliminar los registros perdidos por falta de datos y los que aparecían repetidos en años sucesivos, se tuvo un total de 825 observaciones.

Análisis factorial y de conglomerados

Para definir las variables a estudiar se tomó en consideración lo encontrado en las investigaciones mencionadas, por lo que de la ficha de campo se extrajo un grupo que podría resultar de interés: se eligieron 33 variables para procesarlas con un análisis factorial que permitió identificar las dimensiones subyacentes y reducir el conjunto de variables interrelacionadas a un número menor de factores no

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

correlacionados (Malhotra, 2008). El procesamiento se llevó a cabo con ayuda del programa SPSS V 17; los resultados de los estadísticos descriptivos son los siguientes (Tabla 1 y Tabla 2):

Tabla 1: Estadísticos básicos de las variables de la vivienda

Variable	Definición	Media	Des. típica
AMPL_PARCELA	Ancho de la parcela (m)	26,45	19,73
PROF_EDIF	Profundidad edificada (m)	18,24	6,74
RATIO	Relación amplitud parcela/prof. edificada	1,57	1,19
UTIL	Superficie útil construida (m ²)	77,38	26,09
CONST	Superficie construida (m ²)	92,61	31,14
RAT_CONST	Relación de sup. const./sup. útil	1,19	0,03
ESTAR-COMEDOR	Dimensión de la estancia principal (m ²)	23,73	11,12
ESTAR2	Dimensión de la estancia adicional (m ²)	0,52	2,71
CUINA	Dimensión de la cocina (m ²)	8,22	3,72
DORM_1	Dimensión del dormitorio principal (m ²)	12,39	2,89
DORM_2	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	7,84	3,65
DORM_3	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	4,27	4,41
DORM_4	Dimensión de dormitorio adicional (m ²)	0,98	2,80
BANY_1	Dimensión del baño principal (m ²)	4,92	1,02
BANY_2	Dimensión del baño adicional (m ²)	2,55	1,98
ASEO_1	Dimensión del aseo (m ²)	0,29	0,84
PASSADIS	Área de las circulaciones (m ²)	7,44	5,80
OTROS	Dimensiones de escaleras, armarios, etc. (m ²)	1,57	7,16
LAV_INT	Dimensión de área de lavado (m ²)	0,87	1,48
BALCONS	Área de los balcones (m ²)	8,13	18,58
PATI	Área del patio (m ²)	7,52	20,07
CAL_VIV	Calidad de la vivienda: 1. media-baja, 2. media, 3. media buena, 4. buena, 5. muy buena, 6. de lujo	4,10	1,09

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida del SPSS

Tabla 2: Frecuencia de las variables nominales

Variable	Definición	Frecuencia	%
TIPOLOGIA	Plurifamiliar	853	97,7
	Unifamiliar	20	2,3
JARDIN	No	577	66,1
	Sencillo	31	3,6
	Normal	128	14,7
	Bueno	137	15,7
PISCINA	No	684	79,0
	Comunitaria	171	19,7
	Particular	10	1,3
FACHADA	Pared de patio de 15 cm. pintada	3	0,3
	Otros sencillos	9	1,0
	Otros normal o bueno	115	13,2
	Bloc de hormigón gris	8	0,9
	Bloc hormigón color	75	8,6
	Aplanado (arrebosat) y pintado	121	13,9
	Estucado	116	13,6
	Obra vista sencilla	-	-
	Obra vista normal	96	11,0
	Obra vista buena	196	22,5
	Recubrimiento (aplatat) cerámico	31	3,6
	Piedra artificial	53	6,1
	Muro cortina	26	3,0
	Mármol (marbre)	10	1,1
Granito (garnitic)	14	1,6	

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Variable	Definición	Frecuencia	%
VENTILACION	Patio de luz	115	18,0
	Interior de manzana	711	81,4
	Calle	5	0,6
PAV_ESTAR (Tipo de recubrimiento en estancias)	Otros sencillos	3	0,3
	Terrazo 30x30	2	0,2
	Cerámica sencilla	5	0,6
	Cerámica de gres	16	1,8
	Parquet sencillo	415	47,5
	Parquet bueno	404	46,3
	Mármol	28	3,2
PAV_DOR (Tipo de recubrimiento en dormitorios)	Otros sencillos	3	0,3
	Terrazo 30x30	2	0,2
	Cerámica sencilla	5	0,6
	Cerámica de gres	23	2,6
	Parquet sencillo	411	47,1
	Parquet bueno	404	46,3
	Mármol	25	2,9
PAV_COC (Tipo de recubrimiento en cocina)	Otros buenos	3	0,3
	Terrazo 30 x 30	8	0,9
	Cerámica sencilla	221	25,3
	Cerámica de gres	437	50,1
	Cerámica antigua	1	0,1
	Cerámica extra	162	1,1
	Parquet sencillo	10	18,6
	Parquet bueno	8	0,9
	Mármol	17	1,9
	Granito	6	0,7
CARPINTERIA (Tipo y calidad de la carpintería exterior)	De madera:		
	Sub estándar	3	0,3
	Sencilla	7	0,8
	Normal	128	14,7
	Buena	291	33,3
	Metálica/PVC:		
	Sencilla	79	9,0
	Normal	104	11,9
	Buena	223	25,5
Extra	38	4,4	
CLIMATIZACION	Sin climatización	5	0,6
	Otros	7	0,8
	Radiadores	227	26,1
	Placas eléctricas	3	0,3
	Aire caliente	4	0,5
	Aire acondicionado (caliente- frio)	620	71,3
	Tierra radiante	4	0,5
TIPO_VIV (Tipo de vivienda)	Normal	785	90,6
	Ático	20	2,3
	Ático dúplex y dúplex	61	7,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida del SPSS

Para el análisis factorial, la carga de los factores principales se calculó utilizando la rotación varimax, la cual maximiza la medida en que las variables cargan en un factor determinado, facilitando la identificación de los mismos (Willis *et al.*, 2005). Utilizando el valor propio de 1,0 como guía, se extrajeron 11 factores, los cuales explican el 66,4% de la varianza. La medición de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), sobre lo adecuado del muestreo, fue de 0,523 muy cercano al mínimo recomendable de 0,5; según Malhotra (2008), los valores pequeños de éste estadístico indican que las correlaciones entre los pares de variables no pueden explicarse por otras variables y que el análisis factorial podría no ser

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

adecuado. Con éste número de factores principales, existen variables con valores bajos de comunalidad (menores a 0,5) y la identificación de cada elemento, en algunos casos, no es clara (Tabla 3).

Tabla 3: Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% var.	% acum.	Total	% var.	% acum.	Total	% var.	% acum.
1	6,370	19,302	19,302	6,370	19,302	19,302	4,376	13,260	13,260
2	2,638	7,994	27,295	2,638	7,994	27,295	2,165	6,559	19,820
3	2,272	6,886	34,182	2,272	6,886	34,182	2,098	6,357	26,177
4	2,029	6,149	40,331	2,029	6,149	40,331	2,045	6,196	32,373
5	1,446	4,381	44,711	1,446	4,381	44,711	1,838	5,571	37,944
6	1,396	4,230	48,942	1,396	4,230	48,942	1,745	5,287	43,231
7	1,307	3,960	52,901	1,307	3,960	52,901	1,701	5,153	48,384
8	1,219	3,694	56,595	1,219	3,694	56,595	1,682	5,096	53,480
9	1,110	3,363	59,958	1,110	3,363	59,958	1,547	4,688	58,168
10	1,082	3,278	63,235	1,082	3,278	63,235	1,440	4,365	62,533
11	1,051	3,184	66,419	1,051	3,184	66,419	1,283	3,887	66,419
12	,982	2,975	69,395						
13	,911	2,762	72,156						
14	,856	2,595	74,751						
15	,792	2,400	77,151						
16	,768	2,328	79,479						
17	,748	2,265	81,744						
18	,715	2,166	83,910						
19	,653	1,978	85,888						
20	,616	1,865	87,753						
21	,601	1,822	89,575						
22	,530	1,606	91,180						
23	,510	1,544	92,725						
24	,464	1,407	94,132						
25	,451	1,368	95,500						
26	,405	1,227	96,727						
27	,359	1,086	97,813						
28	,323	,979	98,792						
29	,293	,888	99,680						
30	,052	,159	99,838						
31	,034	,103	99,941						
32	,019	,058	99,999						
33	,000	,001	100,000						

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

En un segundo modelo se procedió a eliminar aquellas variables con bajos valores de comunalidad con excepción de la variable “FACHADA”, pues se considera que es una característica que influye de manera importante en las condiciones de aislamiento acústico de las viviendas. El nuevo análisis, con 21 variables, arroja ocho factores principales; el total de la varianza explicada mejoró pasando al 75,7%, y en todas las variables el valor de extracción supera el 0,5, mientras que el KMO fue de 0,672. Las

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

variables agrupadas por factores principales, con sus respectivos valores de carga, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Componentes

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8
UTIL	0,816							
CONST	0,811							
CUINA	0,673							
DORM_2	0,742							
DORM_3	0,788							
BANY_2	0,793							
PAV_ESTAR		0,963						
PAV_DOR		0,963						
AMP_PAR			0,963					
RATIO			0,955					
JARDIN				0,81				
PISCINA				0,85				
VENTILACION					-0,724			
PAV_COC					0,399			
CARPINTERIA					0,824			
CAL_VIV					0,483			
EST-COM						0,905		
DORM_1						-0,487		
PROF_EDIF							0,874	
FACHADA								0,533
ESTAR2								0,86

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

Agrupados así, la descripción de los factores principales es la siguiente:

1. Programa básico por superficie: Recintos de las viviendas en donde las personas realizan las actividades cotidianas.
2. Calidad de los recubrimientos en elementos de separación horizontal.
3. Frentes abiertos (Tipología edificatoria): Características de la parcela, que junto a su localización, condicionan el tipo de edificación.
4. Atractivos externos: Elementos adicionales, externos a la vivienda, que proporcionan bienestar a los ocupantes.
5. Elementos básicos de calidad en la vivienda: Incluye la calificación dada a la vivienda y las características de algunos de los elementos que la constituyen. Se correlaciona, de manera negativa, a las condiciones de ventilación.
6. Proporcionalidad de los espacios habitables: Relaciona los dos principales recintos habitables protegidos de la vivienda. Correlaciona positivamente con la estancia y negativamente con el dormitorio principal.
7. Proporcionalidad edificatoria y exposición: Se relaciona con la posibilidad de que las viviendas tengan mayor o menor exposición a espacios públicos.
8. Elementos complementarios de calidad: Correlaciona positivamente con las características de los elementos que separan verticalmente con el exterior y con la existencia de recintos protegidos adicionales.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Una vez identificadas las dimensiones subyacentes se procedió a realizar un análisis de conglomerados, o clúster, para desarrollar subgrupos de datos que compartan características relativamente similares y que sean más fáciles de manejar que las observaciones individuales (Malhotra, 2008). Se realizó un procedimiento de k-medias y se probó entre dos y cinco grupos; se consideró que la agrupación en cinco conglomerados es la que mejor representa las características de las viviendas recientemente construidas, pues con menos conglomerados se presenta una tendencia a agrupar en dos grupos, uno de ellos con muy poca representatividad por el bajo número de casos que incluye, por lo que se pierde parte de la información que se analiza. Los resultados de los casos válidos agrupados en los cinco conglomerados es la siguiente (Tabla 5):

Tabla 5: Centros de los conglomerados finales

Factor	Conglomerado				
	1	2	3	4	5
Programa básico por superficie	-0,18134	0,17967	0,12469	0,44909	-0,99583
Calidad de recubrimientos en elementos de sep. hor.	0,00792	0,23824	-0,19953	0,23444	0,75279
Frentes abiertos	-0,35305	0,02635	0,48693	-0,15652	1,08557
Atractivos externos	-0,41191	1,74612	-0,42391	-0,12759	-0,78663
Elementos básicos de calidad en la vivienda	-0,61274	0,01406	0,95397	-0,57687	-0,46678
Proporcionalidad de los espacios habitables	-0,09707	-0,03252	-0,08163	0,26732	9,08378
Proporcionalidad edificatoria y exposición	-0,095	0,01113	0,22726	-0,99196	0,78176
Elementos complementarios de calidad	-0,20912	-0,23518	-0,00921	4,01794	-0,54257

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

Segmentando los grupos y calculando las medias de las variables originales, se obtienen las siguientes características para cada grupo (Tabla 6).

Tabla 6: Valor de la media por variable y conglomerado

Variable	Conglomerado				
	1	2	3	4	5
AMP_PAR	18,41	29,99	35,19	24,49	60,00
PROF_EDIF	17,23	18,18	19,83	15,48	25,00
RATIO	1,17	1,72	2,01	1,73	2,40
JARDIN	1,29	3,58	1,59	1,77	1,00
PISCINA	1,05	2,00	1,00	1,27	1,00
FACHADA	6,82	7,60	8,88	8,60	3,00
UTIL	69,20	89,84	78,12	100,72	151,00
CONST	82,74	107,66	93,49	121,25	181,20
ESTAR-COMEDOR	22,45	26,12	22,94	20,76	138,75
ESTAR2	0,02	0,03	0,12	13,19	0,00
CUINA	6,97	9,47	9,14	9,73	0,00
DORM_1	12,20	13,39	12,32	12,01	0,00
DORM_2	7,28	8,71	8,01	8,79	0,00
DORM_3	3,15	5,09	5,04	7,11	0,00
BANY_2	2,20	2,93	2,76	3,02	3,00
VENTILACION	1,99	1,95	1,51	1,87	2,00
PAV_ESTAR	5,42	5,67	5,37	5,53	6,00
PAV_DOR	5,41	5,67	5,33	5,53	6,00
PAV_COC	3,74	5,24	4,65	5,40	7,00
CARPINTERIA	4,20	5,24	6,19	4,20	4,00
CAL_VIV	3,57	4,81	4,36	4,93	5,00
No. de casos	374	156	259	30	6

Fuente: Elaboración propia a partir del programa SPSS

Característica de las viviendas por conglomerado

El grupo 1, que es el más numeroso (374 casos), muestra viviendas estándar en la que no destaca algún elemento; presenta, para ciertas variables, los valores más bajos del conjunto analizado. Sus dimensiones son las menores (70 m² de superficie media y 18 m de amplitud de parcela), cuentan con una estancia y dos dormitorios bien definidos además de un tercer recinto, también llamado dormitorio, de dimensiones muy reducidas. La calidad de la vivienda es entre media y buena, y sus acabados son sencillos como en el caso del parquet utilizado como pavimento o de las fachadas pintadas o estucadas; en general no cuentan con atractivos externos. La ventilación puede obtenerse por estar ubicada a la calle o a patios interiores. Las proporciones de la parcela, en conjunto con otras variables como la ventilación, parecen indicar que la edificación está entre medianeras.

El grupo dos, sin ser el de mayor representatividad por el número de casos (156), tiene todos los parámetros bien evaluados. La superficie útil es en promedio de 90 m² con una amplitud parcelaria de 30 m, cuenta con la estancia y dormitorio principal más grandes del conjunto analizado, además de atractivos externos. La calidad de la vivienda es buena-muy buena y sus acabados son buenos.

El grupo tres, el segundo más numeroso con 259 casos, comparativamente tiene algunos elementos de calidad como son la fachada de obra vista y la carpintería metálica o de PVC, pero en general sus elementos son de calidad media, como en el caso de los pavimentos de parquet. La superficie media útil es de 78 m² en parcelas de 35 m, cuenta con tres dormitorios y una estancia; son las peor ventiladas al contar con la mayor proporción de viviendas que dan a patio de luz y no cuentan con atractivos externos. Por las proporciones de la parcela, la tipología edificatoria puede ser de tipo lineal. La calidad de la vivienda es buena en general.

Los grupos cuatro y cinco, con 30 y seis casos respectivamente, son los menos representativos; son los de mayor superficie y amplitud parcelaria, que en el caso del grupo cinco, son las mayores del conjunto. La calidad de la vivienda y sus materiales en general, son los mejor calificados; sólo algunos casos del grupo cuatro incluyen atractivos exteriores. El grupo cinco se caracteriza por contar con un único espacio abierto (vivienda tipo estudio), mientras que el cuatro es el que incluye una estancia adicional y los dormitorios adicionales de mayor dimensión.

Una característica que se observa en todos los conglomerados es que la media de ventilación se da principalmente por interiores de manzana, lo que podría indicar que en las promociones actuales, aun cuando están alineadas con la calle, una parte de las viviendas no quedan expuestas directamente al ruido producido por el tránsito rodado.

De esta manera, las viviendas más comunes de reciente creación en Barcelona tienen una superficie cercana a los 80m² y cuentan al menos con una estancia y un par de dormitorios. Los acabados son de calidad media; los pavimentos suelen ser de parquet sencillo y la fachada de obra vista sencilla, estucado o aplanado terminado con pintura. Una parte importante de ellas se ventilan por medio de

patios de luces o por interiores de manzana y en general no cuentan con atractivos externos como podrían ser las piscinas o jardines.

Tipología de la edificación y la exposición al ruido

A pesar de que hasta fechas recientes el diseño de los espacios urbano no contemplaba a la acústica como herramienta, cada uno de ellos posee unos sonidos característicos, entre otros factores por tener flora y fauna y por el hecho de contar con edificaciones e infraestructuras que son utilizadas por un grupo específico de personas; los factores anteriores configura lo que algunos investigadores denominan el “paisaje sonoro” (Öhrström *et al.*, 2006, Gidlöf-Gunnarsson *et al.*, 2007, Daumal y De Gortari, 2008).

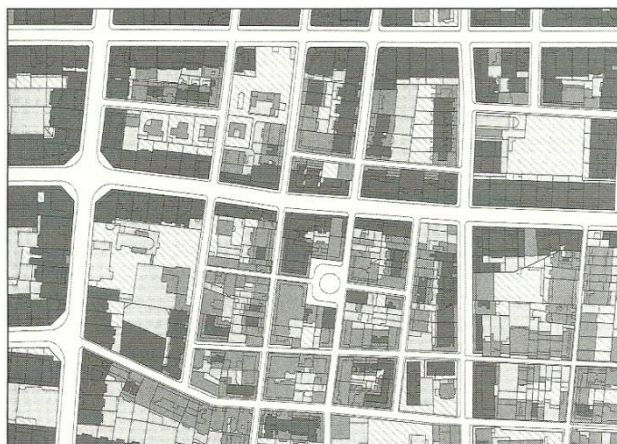
Siendo el objetivo de la normativa vigente el limitar el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido puede producir a los usuarios de las edificaciones como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento (Ministerio de Fomento, 2010), se hace necesario observar las condicionantes que contribuyen o dificultan alcanzar dicho objetivo. Las características del espacio exterior que configuran el paisaje sonoro, al cumplir algunos requisitos en un momento y espacio determinado, permiten lograr los objetivos de calidad acústica deseados; en este conjunto, un elemento importante es el sistema de ordenación que las edificaciones guardan con respecto a las parcelas y los sistemas.

Un área urbana se configura a partir de la relación física de la red de espacios públicos y los espacios parcelados; la interrelación entre estas dos categorías de suelo puede presentar diversas distribuciones, dando origen tanto al trazado de la ciudad como a sus cualidades apreciables. La tipología edificatoria hace referencia a las características que definen y son comunes en un grupo de edificios; expresan las formas de configurar el edificio y de ocupar la parcela. En la actualidad coexisten diversas tipologías que resultan de combinar respuestas a requerimientos funcionales con las formas de ordenar a los edificios. Esteban (2003) reconoce tres sistemas básicos de ordenación de la edificación: por alineación de calles, por edificación aislada en parcela y por definición volumétrica.

Sistema de alineación de calles

En el caso del ordenamiento por alineación de calles, el parámetro principal es la definición de un plano de fachadas mediante la alineación, la que coincide con la línea divisoria entre espacio público y privado (Ilustración 1); la alineación está determinada en los planos de ordenación que configuran la manzana, que se prevé cerrada por una franja de edificios.

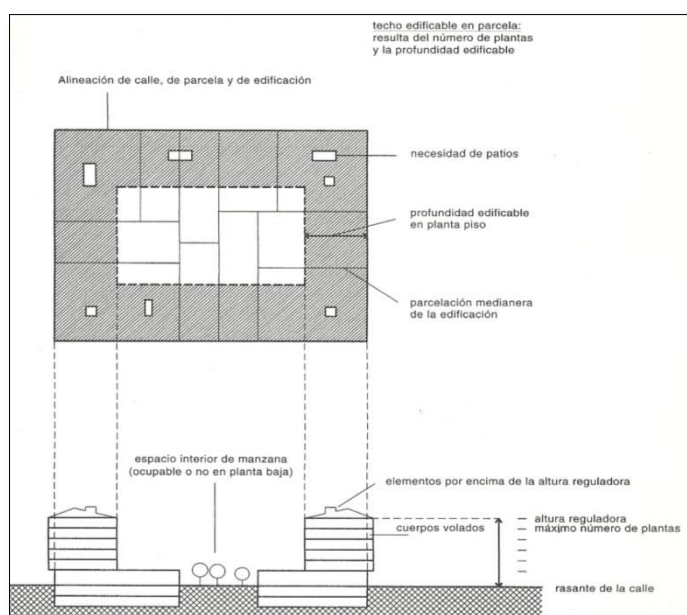
Ilustración 1: Ordenación por alineación de calles



Fuente: Esteban (2003)

Este tipo de ordenación es referente de las edificaciones entremedianeras, que en conjunto configuran un frente continuo de calle. El patio de manzana, que en planta baja puede ser edificable o no, está definido por las profundidades de las edificaciones, las que a su vez forman una corona en el perímetro de la manzana (Ilustración 2).

Ilustración 2: Parámetros de la alineación de calles



Fuente: Esteban (2003)

Teniendo en cuenta la clasificación de ruido para la cual el Documento Básico HR del CTE (2008) plantea protección, en ésta tipología edificatoria es probable que el ruido exterior dominante en las fachadas y cubiertas sea el de los sistemas de transporte, presentando mayores niveles de exposición en la fachada alineada a la calle.

Sistema de edificación aislada

En el sistema de edificación aislada el parámetro básico es la parcela y no la fachada; se mantiene una estrecha vinculación con la calle, aun cuando las edificaciones se disponen de manera independiente y aislada ya que la relación paramétrica se da con la parcela (Ilustración 3). La cantidad de edificación se limita por el índice de edificabilidad.

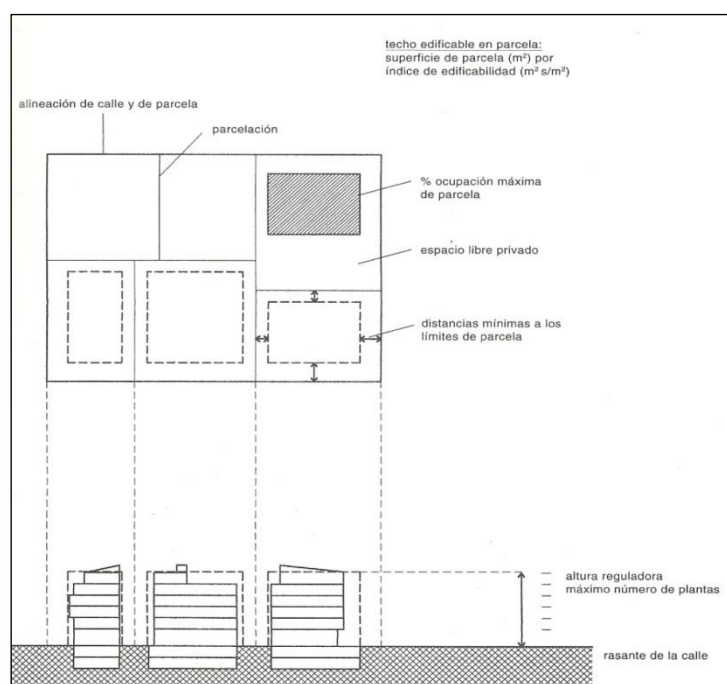
Ilustración 3: Sistema de edificación aislada



Fuente: Esteban (2003)

Este sistema normalmente genera tejidos menos densos que el anterior, ya que las edificaciones van acompañadas de las áreas libres de la parcela, las que en ocasiones se dotan con arbolado y jardinería.

Ilustración 4: Elementos de la edificación aislada



Fuente: Esteban (2003)

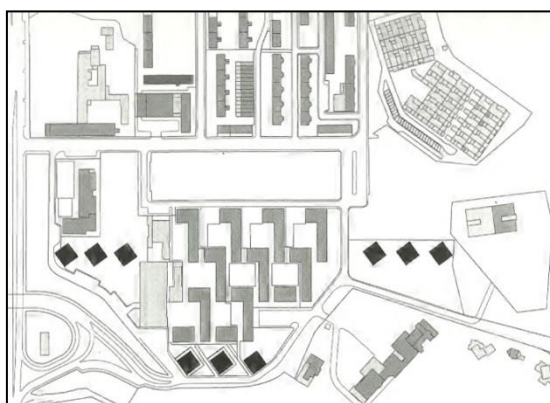
Las características de esta tipología sugieren que algunas edificaciones pudieran estar menos expuestas al ruido aéreo producido por los sistemas de transporte al aumentar la distancia a la fuente y al verse protegidos por otras estructuras; Daumal y De Gortari (2006), al estudiar el efecto del ruido en los precios de la vivienda en el Ensanche de Barcelona, encontraron que las respuestas de menor molestia fueron expresadas por las personas que habitan en viviendas que dan a espacios interiores, mientras que aquellas que tienen habitaciones con exposición a la calle, son las que padecen de manera más intensa el ruido.

Sistema de definición volumétrica

En este sistema la relación de la edificación con el solar y la calle es muy variable, ya que pueden estar alineados total o parcialmente, o no tener ninguna relación tipificable. Las características geométricas del edificio, que se determinan a partir de la ordenación urbanística, son el único parámetro; el resultado es un amplio abanico de formas, limitadas sólo por las exigencias funcionales y constructivas de la edificación.

La definición volumétrica suele ser una aplicación conjunta de los sistemas anteriores y en la actualidad es muy frecuente tanto en la ordenación de nuevos tejidos, como en las remodelaciones de los existentes; probablemente sea el sistema más abierto en cuanto a las posibles alternativas arquitectónicas (Ilustración 5). Los parámetros de alineación y altura, aun cuando no se excluyen, generalmente cambian por los de perímetros y perfiles, dentro de los que el proyecto arquitectónico puede tener un margen mayor de aplicación.

Ilustración 5: Sistema de definición volumétrica



Fuente: Esteban (2003)

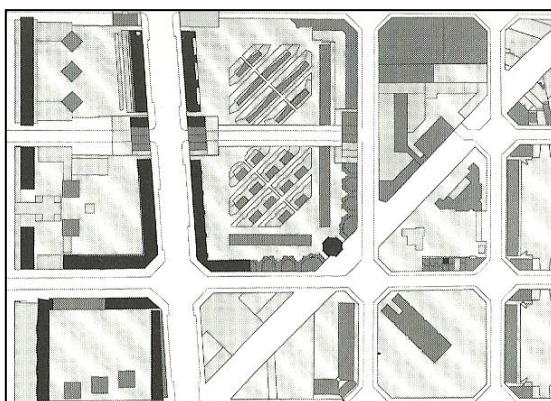
En este sistema, dada la configuración del tejido y las áreas de exposición a las principales fuentes de ruido, el comportamiento acústico pudiera ser similar al de la edificación aislada.

Sobre el mismo tema, Solà (1997, pp. 134) distingue las siguientes disposiciones concretas al tener en consideración la relación entre infraestructuras y edificaciones:

1. Volumen acumulado en el centro de la manzana, con pérdida del papel de distribución de servicios de las calles que la delimitan (similar a la definición volumétrica anterior).
2. Edificación que ocupa una franja ancha en todo el perímetro de la manzana. Da una gran valoración de las calles circundantes como infraestructura de servicios para la vivienda; reservan un patio central con las funciones de ventilar e iluminar. Es prototípica de los ensanches y en esencia es un sistema de alineación de calle.
3. Ocupación total de la manzana, con tipología edificatoria diversa y de poca altura. Mantiene la función de las calles, aun cuando hay una pérdida por la menor importancia de las fachadas; se presenta generalmente en ciudades menores.
4. Edificación con ocupación de una franja estrecha en el perímetro de la manzana y con especialización residencial; tienen un patio como principal espacio de servicios y acceso a la vivienda, por lo que la calle ve reducido su papel de conexión a nivel urbano. Es similar al sistema de edificación aislada definida por Esteban y es característica de las áreas de reconversión urbana.

En la práctica actual, aun cuando cada sistema responde a lógicas claras y excluyentes, suelen ser utilizados de manera conjunta originando sistemas híbridos que suelen derivar de la utilización de volúmenes a las configuraciones por alineación (Ilustración 6).

Ilustración 6: Sistemas híbridos



Fuente: Esteban (2003)

En general, sobre la tipología edificatoria y la exposición al ruido, se puede concluir que las personas que habitan viviendas que están alineadas con la calle podrían referir más molestias que quienes habitan viviendas sin exposición directa; lo anterior puede ser ocasionadas por los mayores niveles efectivos de ruido a los que se encuentran expuestos, o en ocasiones por otros factores, como lo demuestran los estudios sobre la interacción entre el paisaje acústico percibido y la apariencia visual de las áreas residenciales (Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström y Ögren, 2007; Öhrström *et al.*, 2006; Hornikx y Forssén, 2007).

Caracterización tipológica de la vivienda de reciente creación

A continuación se presentan imágenes de una selección de 83 promociones extraídas del conjunto de 825 que fueron procesadas estadísticamente. En las imágenes, que fueron obtenidas de “Gogle Earth”, se puede observar la localización de la promoción y cuando estaba disponible, la fachada principal; ésta información facilita la clasificación por tipología de las promociones seleccionadas y complementa la recabada en campo. La clasificación se realizó teniendo en consideración las tres tipologías básicas descritas por Esteban (2003).

Clúster 1



Vizcaya 431:
Alineación de
calle en esquina,
con patio de luces



Sagunt 12-14:
Alineación de
calle



Alfarràs 25:
Alineación de
calle, entre
medianeras con
patio de luces



Mora de la nova
11: Alineación de
calle, entre
medianeras con
patio de luces

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



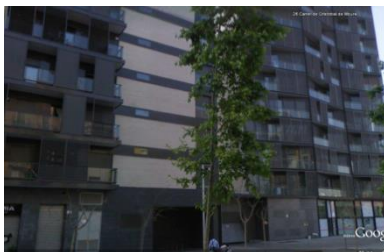
Aragó 562:
Alineación de calle con retranqueo, en bloque lineal con patio de luces



Brusi 17:
Alineación de calle con retranqueo, entre medianeras con patio interior



Doctor Aiguader (esq. Plaza Pau Vila): Edificación aislada, bloque lineal



Cristóbal de Moura 32-34:
Edificación aislada paralela a la calle



Ctra. Sants 3:
Alineación de calle en esquina, con patio de luces



Watt 21-27:
Alineación de calle en esquina, con patio de luces

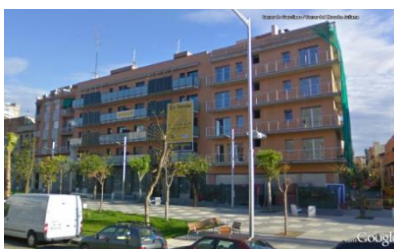
EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



Meridiana 626:
Edificación
aislada, en bloque
lineal



Torre dels Pardals
29: Alineación de
calle, entre
medianeras con
patio de luces



Oliva 24:
Edificación
aislada, en bloque
lineal



Casas i amigó 79-
83: Edificación
aislada, en bloque
lineal

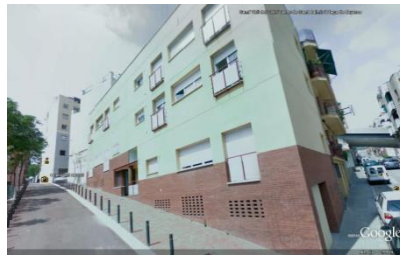


Mare de Déu del
Port 138:
Alineación de
calle, entre
medianeras con
patio de luces



Guitard 28-36:
Alineación de
calle en esquina

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



Cami Vell de Col
1: Alineación de calle en esquina

Clúster 2



Salses 22-24:
Alineación de calle,
entre medianeras
con patio interior



Balsareny (con
Vistabella) 1-7:
Definición
volumétrica,
bloque lineal

Clúster 3



Santa Otilia 39:
Edificación aislada
con orientación a
calle, en bloque
lineal



Av. Meridiana 259:
Edificación aislada
con orientación a
calle



Vallès 51:
Alineación de calle,
entre medianeras
con patio de luces

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



Passeig de Bonanova y Vía Augusta: Definición volumétrica



Degà Bahí 59: Alineación de calle, bloque lineal con patio interior



Río de Janeiro 63: Alineación de calle en esquina, con retranqueo y patio interior



Mart y Lluí: Edificación aislada paralela a la calle; bloque lineal

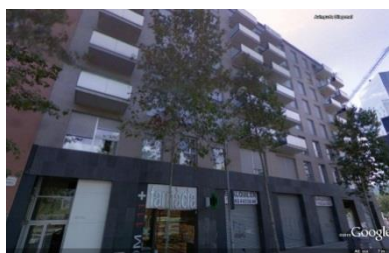


Joan Gamper 19-23: Alineación de calle, en esquina con patio de luces



Peronella 29-31: Alineación de calle, bloque lineal en esquina con patio de luces

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



Diagonal 111:
Alineación de calle,
bloque lineal con
patio interior



Passeig de
Valldaura 62:
Definición
volumétrica (Torre)



Vall d'Hebron 28 y
34: Edificación
aislada en bloque
lineal con
orientación a la
calle

Clúster 4



Melcior de Palau
113: Alineación de
calle, en esquina
con patio de luces

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

Cuando se realiza la clasificación tipológica en función de estas imágenes, los resultados son los siguientes (Tabla 7):

Tabla 7: Tipología obtenida por imágenes

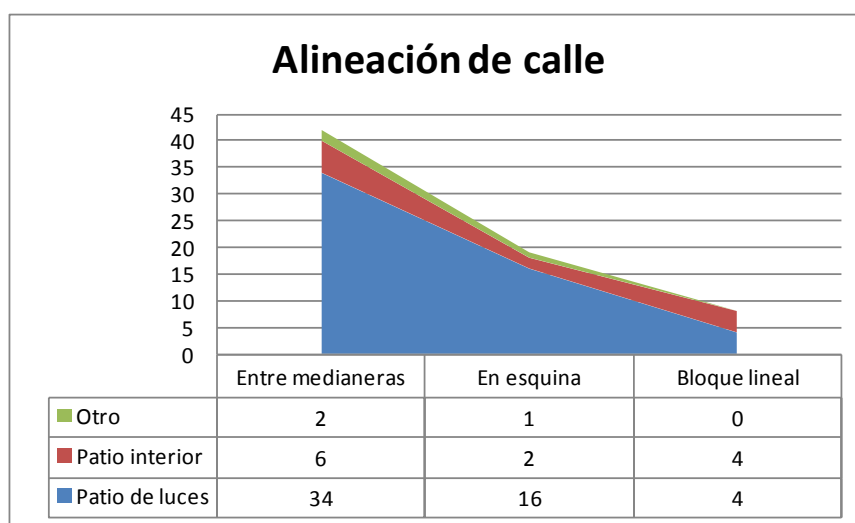
Tipología	Cantidad	Porcentaje
Alineación de calle		
Entre medianeras	42	50,6%
En esquina	19	22,9%
Bloque lineal	8	9,6%
Edificación aislada		
Bloque lineal	7	8,4%
Otro	5	6,0%
Definición volumétrica	2	2,4%
Total:	83	100%

Fuente: Elaboración propia

Resulta significativo que el 83,1% (69 casos) de estas promociones tiene una tipología de alineación de calle. En el 16,9% que tienen una tipología distinta, las edificaciones también presentan una proximidad importante a las vías de comunicación, estando muchas de ellas prácticamente orientadas en la misma dirección.

Otros parámetros importantes son que de las edificaciones alineadas con la calle, el 60,9% está entre medianeras, el 27,5% está en esquina y el restante 11,6% son bloques lineales alineados que pueden abarcar más de un lado de la manzana; en el conjunto, el 78,3% cuenta con patio de luces y sólo el 17,4% da a patios de interior de manzana (Gráfico 1).

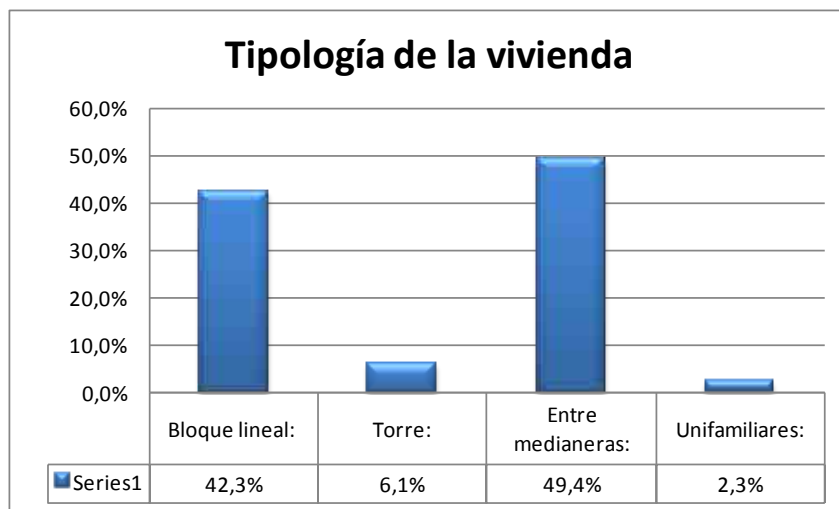
Gráfico 1: Distribución en la alineación de calle



Fuente: Elaboración propia

Según la ficha de campo, la clasificación incluye dos tipos básicos de edificación: plurifamiliar y unifamiliar, las que a su vez se subdividen en tres posibles casos. De acuerdo a estas fichas, la tipología predominante es la edificación entre medianeras (49,4%), típica de los tejidos de ensanche, mientras que la edificación en bloque lineal ocupa el segundo lugar con 42,3%. Por el número reducido de registros, la tipología unifamiliar no es significativa por lo que fue excluida del análisis (Gráfico 2).

Gráfico 2: Clasificación tipológica



Fuente: Elaboración propia

Comparando las clasificaciones obtenidas por medios gráficos y estadísticos, los resultados muestran gran similitud en el porcentaje de registros de edificaciones entremedianeras. En cuanto a los bloques lineales, en la comparación se observó que las edificaciones en esquina, en algunos casos, estaban calificadas como bloques lineales, por lo que la discrepancia puede estar ocasionada por la diferencia de criterios o por errores de apreciación; pese a lo anterior, al sumar todos los bloques lineales y las edificaciones en esquina de la clasificación visual, los resultados también son similares a los obtenidos de manera estadística (40,9% en comparación de un 42,3%). La similitud de los resultados obtenidos por los dos planteamientos sugiere que esta información permite caracterizar la vivienda típica.

Dado que la tipología que más se contabiliza es la de alineación de calle y entremedianeras, es probable que una parte importante de las edificaciones de nueva planta en Barcelona se encuentren expuestas principalmente a ruido ambiental producido por los sistemas de transporte, con reducción en los niveles de ruido en aquellas viviendas que se encuentran edificadas hacia los patios de luces o al interior de manzana.

Teniendo en consideración los análisis estadísticos y visuales de las promociones de reciente creación, la edificación típica que se emplea en este estudio es una que está alineada con la calle, entremedianeras o como bloque lineal; debido a estas tipologías, las viviendas pueden estar orientadas al interior de manzana o directamente a la calle.

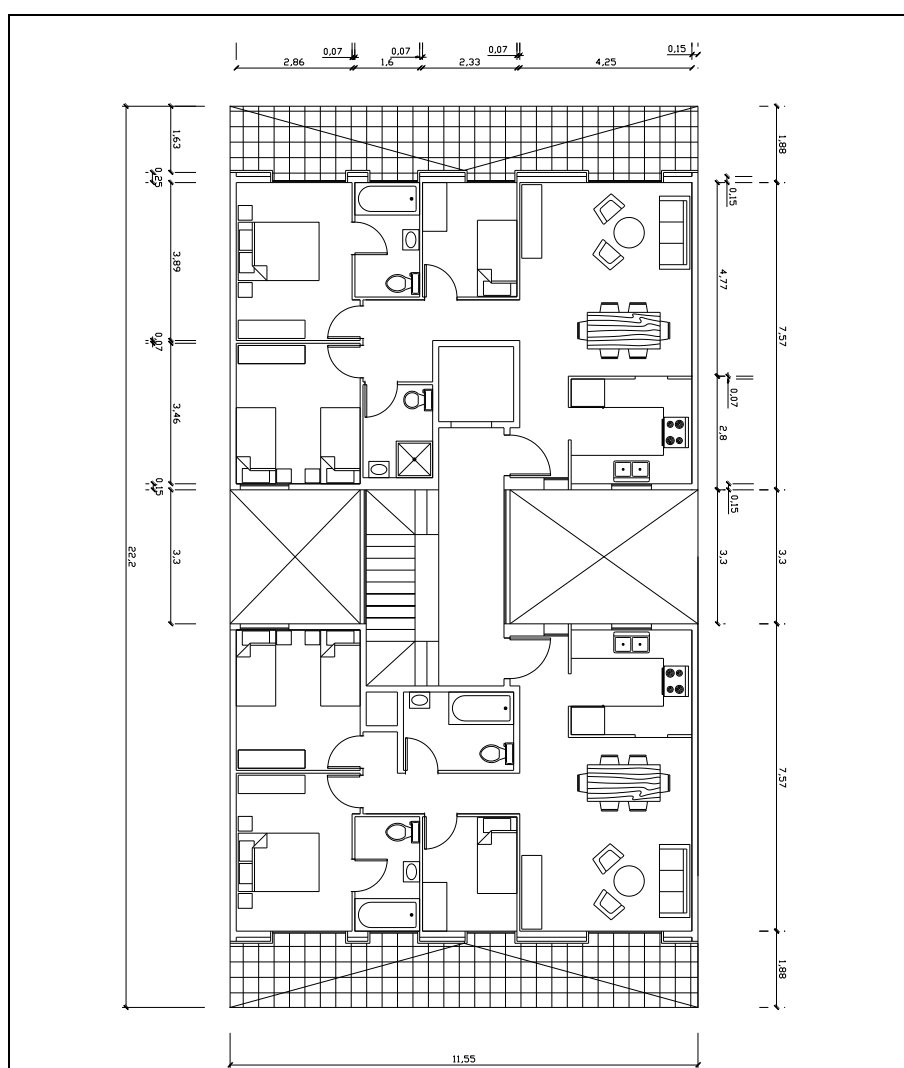
En cuanto a las características de la vivienda, se tiene que la superficie útil es cercana a los 80m², los que se distribuyen, además de los servicios, entre la estancia y tres dormitorios. Por lo que hace a los acabados, los pavimentos más utilizados son el parquet sencillo y la cerámica para las áreas de servicio, mientras que la fachada (cerramiento vertical) generalmente es de obra vista.

A continuación se presentan algunas plantas a partir de las cuales se modeló la vivienda típica. Es importante destacar que estos primeros modelos fueron creados a partir de la información recabada de

las promociones incluidas en el análisis factorial y clúster. Para complementar la información disponible en las fichas del estudio del CPSV se procedió a solicitar a los archivos de los distrito del municipio de Barcelona los expedientes de algunas de las promociones que eran de interés, encontrando, en aquellos que se tuvo acceso, información relacionada a las plantas de conjunto y algunos criterios de diseño. El tercer modelo fue elegido porque además de cumplir con los parámetros fijados, fue posible conseguir mayor información del proyecto a través de los arquitectos responsables de su diseño.

Modelo 1 (promoción de la calle Brusi 17): Viviendas adaptadas de la ficha de campo y de la información proporcionada por el archivo distrital y el arquitecto responsable del proyecto. Edificación entre medianeras con dos viviendas por nivel.

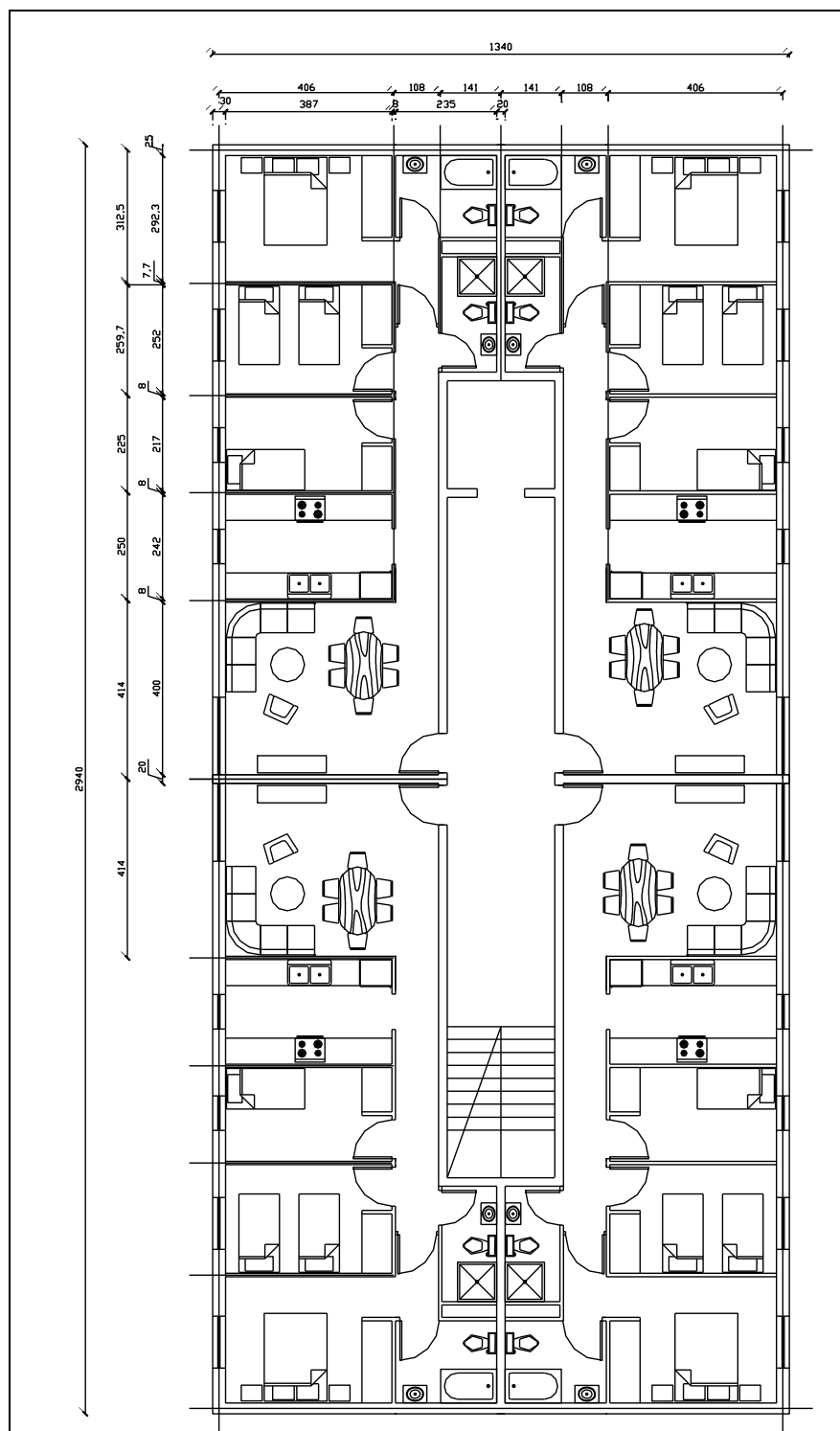
Ilustración 7: Edificación entre medianeras



Fuente: Elaboración propia a partir del proyecto de Brusi 17

Modelo 2 (a partir de la promoción de Dr. Aiguader): Edificación en bloque lineal, alineada con respecto a la calle; cuatro viviendas por nivel. Adaptada de la información de la ficha de campo y de la información disponible en la red (Promociones Vallehermoso. Consultado el 20/10/2010).

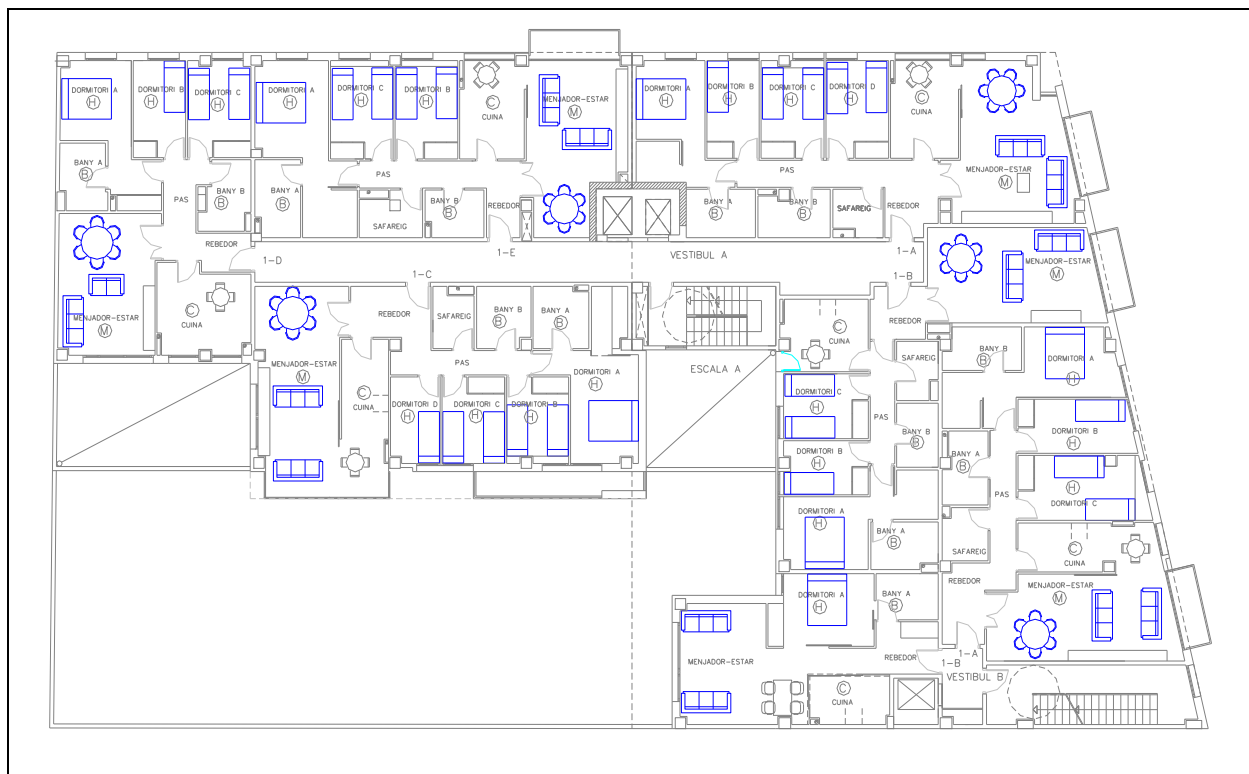
Ilustración 8: Edificación en bloque



Fuente: Elaboración propia

Modelo 3 (promoción en las calles Bilbao y Pere IV): Edificación en esquina, con viviendas de diversas dimensiones. Información obtenida de los diseñadores.

Ilustración 9: Promoción en las calles de Bilbao y Pere VI



Fuente: Bosch-Cuspinera Associats

Considerando la cantidad de información necesaria para realizar un estudio comparativo que resulte fidedigno, y de la disponible de cada modelo, se optó por trabajar con los modelos 1 y 3.

Localización de la vivienda típica y niveles de ruido

De los registros de viviendas, se obtiene que el distrito con más intervenciones fue Sant Martí (168), seguido por L'Eixample (136). Les Corts, Nou Barris y Ciutat Vella fueron los distritos con la menor cantidad de registros, que en conjunto sólo representan el 11,6% del total (Tabla 8).

Tabla 8: Número de registros por clúster y distrito

Distrito	Número de registros por clúster					Σ
	1	2	3	4	5	
1. Ciutat Vella	26	4	0	0	0	30
2. Eixample	63	31	38	4	0	136
3. Sants-Montjüic	37	3	32	16	0	88
4. Les Corts	11	14	9	2	0	36
5. Sarrià-Sant Gervasi	39	44	26	8	0	117
6. Gràcia	26	15	17	0	0	58
7. Horta-Guinardó	50	6	40	0	0	96
8. Nou Barris	18	3	9	0	0	30
9. Sant Andreu	39	1	26	0	0	66
10. Sant Martí	65	35	62	0	6	168
Σ	374	156	259	30	6	825

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

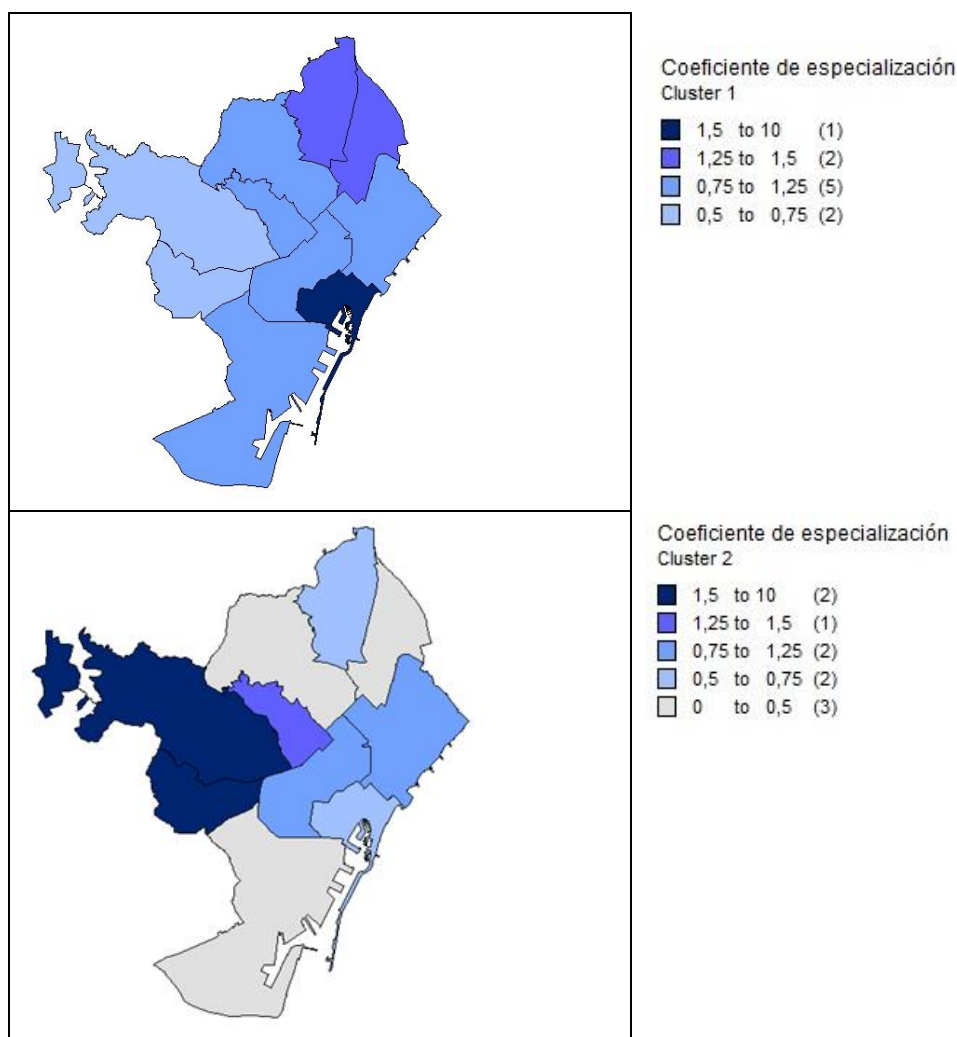
Con excepción de Les Corts y Sarrià-Sant Gervasi, en donde la media es menor, y de Ciutat Vella que está especializada, la distribución del clúster 1 es bastante homogénea; lo mismo sucede con el clúster 3 que está presente en todos los distritos, salvo en Ciutat Vella. Los menos representativos son el 4 y 5 por su número y su distribución (Tabla 9, Ilustración 10).

Tabla 9: Coeficientes de especialización por clúster

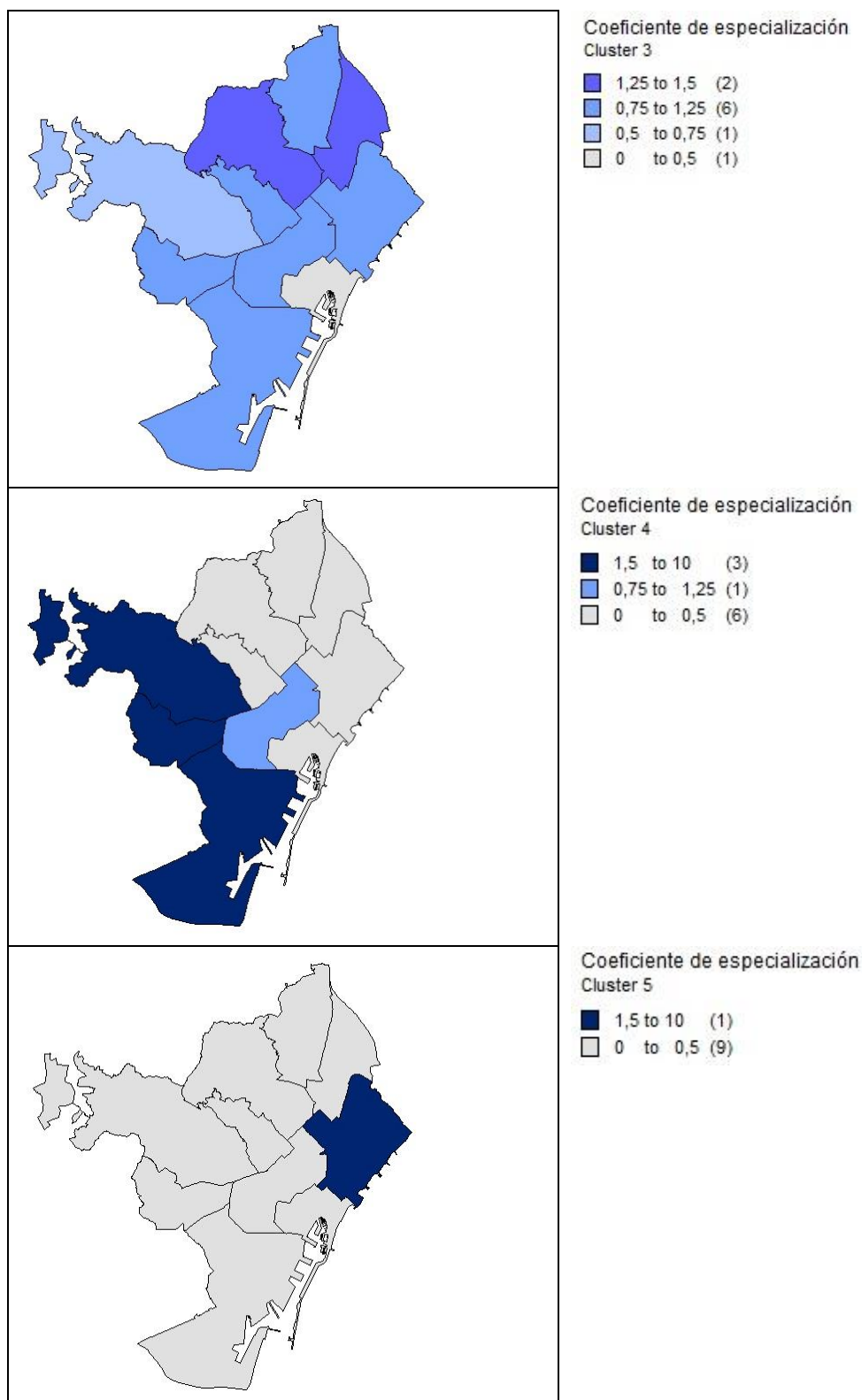
Distrito	Coeficiente de especialización				
	1	2	3	4	5
1. Ciutat Vella	1,9	0,7	0,0	0,0	0,0
2. Eixample	1,0	1,2	0,9	0,8	0,0
3. Sants-Montjuïc	0,9	0,2	1,2	5,0	0,0
4. Les Corts	0,7	2,1	0,8	1,5	0,0
5. Sarrià-Sant Gervasi	0,7	2,0	0,7	1,9	0,0
6. Gràcia	1,0	1,4	0,9	0,0	0,0
7. Horta-Guinardó	1,1	0,3	1,3	0,0	0,0
8. Nou Barris	1,3	0,5	1,0	0,0	0,0
9. Sant Andreu	1,3	0,1	1,3	0,0	0,0
10. Sant Martí	0,9	1,1	1,2	0,0	4,9

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Mapificación por distrito del coeficiente de especialización por clúster



EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA



Fuente: Elaboración propia

De ésta aproximación se obtiene que la vivienda típica, que puede tener las características de los clúster 1 o 3, se ubicaría en los distritos más especializados y con mayor número de promociones de este tipo, pudiendo ser Sant Martí, L'Eixample u Horta-Guinardó.

Georeferenciación de la vivienda

Con el fin de precisar la ubicación de la vivienda típica, se recurre a la georeferenciación de las promociones analizadas dentro de la ciudad de Barcelona; para ello se depuró previamente la base de datos por no contar con la información necesaria para ubicarles, o con el fin de evitar la repetición de los registros. De los 825 registros usados en el análisis factorial y clúster, se emplearon 248 direcciones distintas para localizarle en Google Earth y obtener sus coordenadas en formato KMZ (Ilustración 11); el posterior tratamiento geoespacial de la información fue realizada con apoyo de los programas “ARCGIS 9.2” y “MapInfo 9.5”.

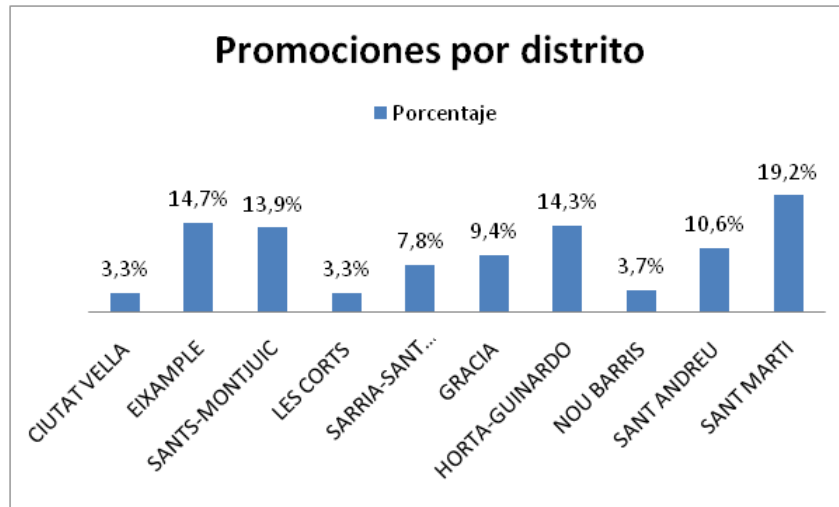
Ilustración 11: Localización de las promociones



Fuente: Elaboración propia a partir de “Google Earth”

Una vez que las distintas promociones fueron georeferenciadas y mapificadas, se obtuvo que el distrito con mayor número de edificaciones (48) fue Sant Martí, con 20,3% de los registros, seguido por la L’Eixample con 14,7% (Gráfico 3). En el proceso, algunas promociones quedaron fuera de los límites del municipio de Barcelona, lo que motivó su exclusión de los análisis posteriores.

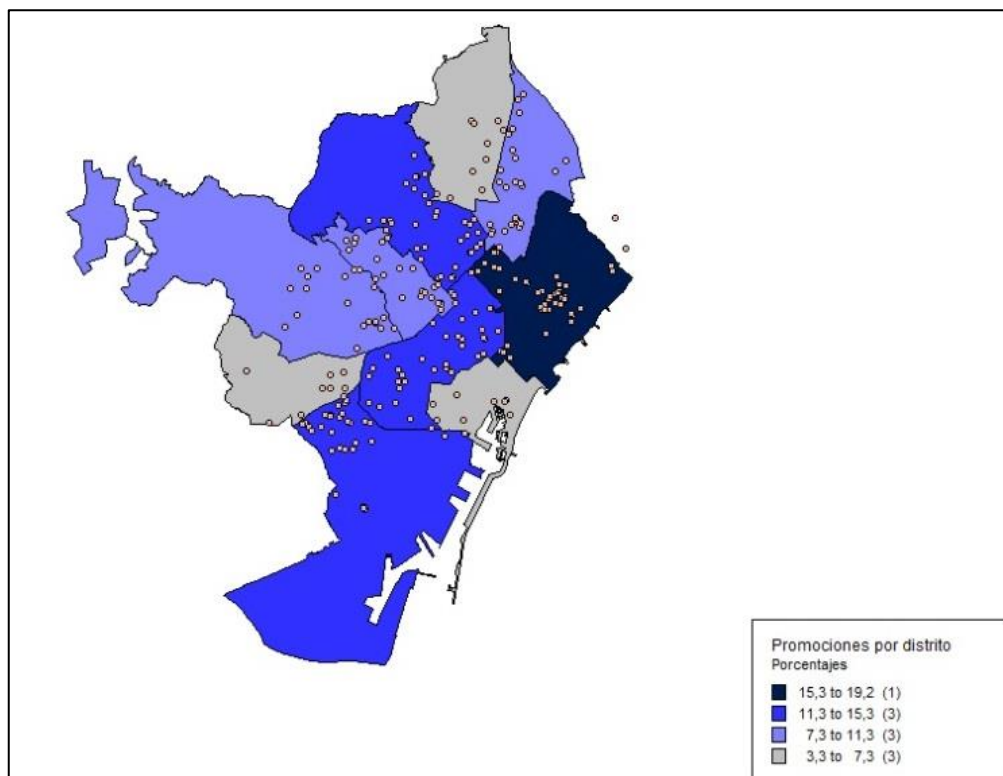
Gráfico 3: Porcentajes de promociones por distrito



Fuente: Elaboración propia

Los resultados confirman que el mayor número de viviendas y edificaciones distintas fueron ejecutadas en los distritos de Sant Martí, L'Eixample y Horta-Guinardó (Ilustración 12), por lo que la vivienda típica podría ubicarse en cualquiera de ellos si sus niveles de ruido son equivalentes.

Ilustración 12: Porcentaje de nuevas edificaciones por distrito



Fuente: Elaboración propia

Niveles de ruido

Una característica fundamental para la investigación es el nivel de ruido que debe considerarse en la vivienda típica. El DB-HR establece que al plantear la respuesta de la edificación frente a ruidos procedentes del exterior, su comportamiento está en función del uso y del valor del índice de ruido día (L_d) de la zona, el cual puede obtenerse de la administración o mediante la consulta de mapas estratégicos de ruido; cuando no se dispone de datos, recomienda aplicar un valor de 60 dBA para sectores con predominio de uso de suelo residencial.

En el caso de la ciudad de Barcelona, existe el mapa estratégico de ruido que está a disposición para su consulta; se fundamenta en la directiva Europea, en donde se estableció la obligatoriedad de realizar un diagnóstico y poner en marcha planes de acción para minimizar los efectos del ruido sobre la población (Ajuntament de Barcelona, 2008). Esta directiva especifica que cada Estado es responsable de indicar los límites para las diferentes zonas; en España, los detalles generales se encuentran tanto en la Ley 37/2003 del Ruido como en los decretos que se derivan, el último el Real Decreto 1367/2007, del 19 de octubre, que desarrolla los aspectos relacionados con la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. A nivel autonómico, el marco normativo general fija la obligatoriedad por parte de las Administraciones competentes de elaborar, entre otros, los mapas estratégicos de ruido correspondientes a todas las aglomeraciones con más de 100.000 habitantes, a todos los grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los tres millones de vehículos al año, grandes ejes ferroviarios donde el tráfico supere los 30.000 trenes al año y en los grandes aeropuertos presentes en el territorio (Mapas estratégicos de aglomeraciones de la Generalitat; consulta: 25/04/2011).

El Ayuntamiento de Barcelona realizó el mapa estratégico del ruido teniendo en cuenta el modelo de ciudad imperante y el uso intensivo que se da a los espacios públicos. El mapa representa gráficamente el nivel de ruido que afecta a todos los espacios del municipio. Los niveles de ruido se indican con cuatro índices diferentes, en función de la franja horaria: L_d (periodo diurno, de 7h a 21h), L_e (periodo tarde, de 21h a 23h), L_n (periodo nocturno, de 23h a 7h), y L_{den} (nivel equivalente ponderado día-tarde-noche). En su elaboración se utilizó la medición en sitio y la simulación; en total, se efectuaron 2.309 medidas de corta duración y 109 de larga duración. Según la web de la Generalitat, Barcelona tiene unos niveles apreciables de ruido como consecuencia, principalmente, del tipo de tejido urbanístico, añadido al uso aún muy extendido, del transporte privado (Ilustración 13).

Ilustración 13: Mapa estratégico de ruido de aglomeraciones

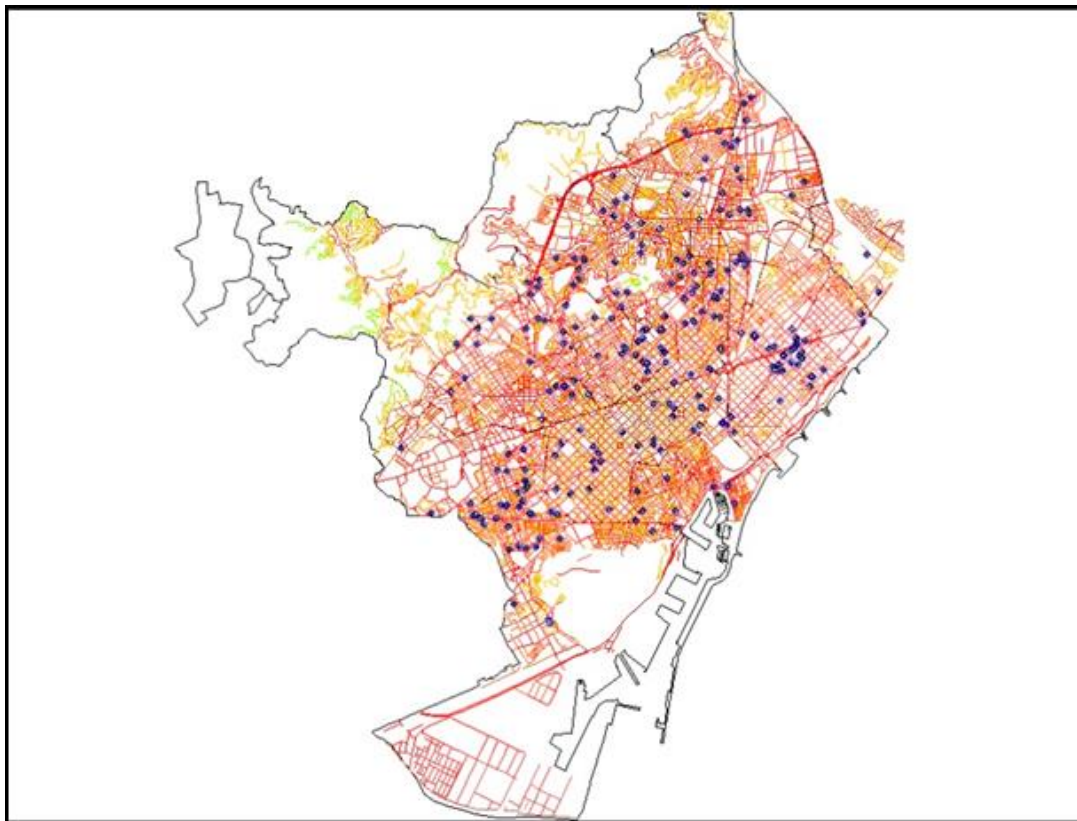


Fuente: Web de la Generalitat de Catalunya

En la página del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat está a disposición el visor del mapa de ruido que permite la visualización y descarga, en diferentes formatos, de la información acústica de la ciudad. Las consultas se pueden realizar introduciendo la dirección o las coordenadas del punto de interés.

Para la investigación se obtuvo la información, en formato SHP, de 23 de las 25 cartas que integran el mapa estratégico de ruido del Barcelonés I. El resultado que se obtiene de conjuntar las cartas para el nivel L_d y las promociones se puede observar en la Ilustración 14.

Ilustración 14: Niveles de ruido por promociones



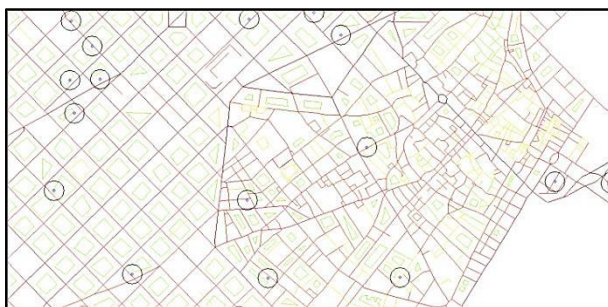
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, para definir el nivel de ruido que caracteriza a la vivienda típica, se efectuaron “buffers” con diversos radios en torno a cada promoción, teniendo como base la capa del mapa de ruido; un buffer es el área de influencia que resulta de dar una determinada distancia en torno a un punto, línea o polígono. Buscando el área más conveniente, se emplearon radios de 100, 50, 30 y 20 mts (Ilustración 15).

Ilustración 15: Análisis del área de influencia



Radio de 100 mts.



Radio de 50 mts.



Radio de 30 mts.

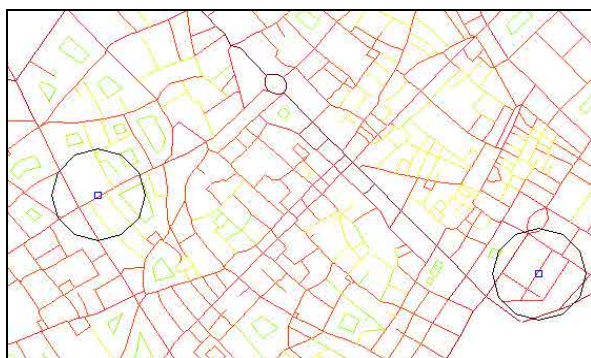


Radio de 20 mts.

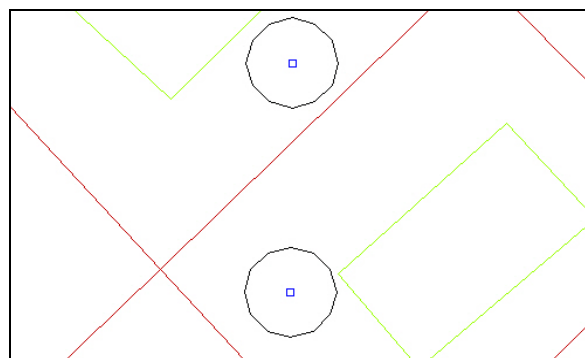
Fuente: Elaboración propia

En un análisis inicial, los radios de 20 y 100 mts. resultan inadecuados pues el área final puede no registrar valores, como sucede en el caso del radio menor, o hacerlo con aquellos que no son los más representativos de la edificación. Al realizar consultas directamente del mapa estratégico de ruido introduciendo la dirección de la edificación, el resultado que se obtiene es el de la calle más cercana, por lo que el análisis espacial para estos radios podría arrojar valores incorrectos (Ilustración 16).

Ilustración 16: Áreas de influencia



Buffer de 100 mts.



Buffer de 20 mts.

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

En el caso del buffer de 50 mts., el área de influencia aún puede resultar excesiva por lo que se pueden incluir valores que no son los más representativos. Para corroborar lo anterior, se realizó un análisis de sensibilidad con los radios de 20, 30 y 50 mts; los niveles de L_d , agrupados por rangos, se muestran a continuación (Tabla 10):

Tabla 10: Niveles de ruido (L_d) por distrito

Buffer de 20 mts														
Distrito	<55 dB		55-60 dB		60-65 dB		65-70 dB		70-75 dB		>75 dB		TOTAL	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
CIUTAT VELLA	0	0.0	1	0.4	4	1.7	2	0.9	1	0.4	0	0.0	8	3.5
EIXAMPLE	2	0.9	1	0.4	3	1.3	8	3.5	14	6.1	0	0.0	28	12.1
SANTS-MONTJUIC	0	0.0	6	2.6	14	6.1	8	3.5	6	2.6	0	0.0	34	14.7
LES CORTS	0	0.0	1	0.4	3	1.3	1	0.4	3	1.3	0	0.0	8	3.5
SARRIA-S. GERVASI	0	0.0	2	0.9	4	1.7	6	2.6	6	2.6	0	0.0	18	7.8
GRACIA	1	0.4	4	1.7	4	1.7	8	3.5	6	2.6	0	0.0	23	10.0
HORTA-GUINARDO	3	1.3	6	2.6	15	6.5	9	3.9	1	0.4	0	0.0	34	14.7
NOU BARRIS	1	0.4	0	0.0	4	1.7	0	0.0	2	0.9	0	0.0	7	3.0
SANT ANDREU	2	0.9	7	3.0	7	3.0	6	2.6	3	1.3	1	0.4	26	11.3
SANT MARTI	1	0.4	4	1.7	15	6.5	16	6.9	9	3.9	0	0.0	45	19.5
TOTAL	10	4.3	32	13.9	73	31.6	64	27.7	51	22.1	1	0.4	231	100
Buffer de 30 mts														
CIUTAT VELLA	0	0.0	0	0.0	5	2.0	2	0.8	1	0.4	0	0.0	8	3.2
EIXAMPLE	1	0.4	1	0.4	1	0.8	12	4.9	19	7.8	1	0.4	35	14.2
SANTS-MONTJUIC	0	0.0	5	2.0	13	5.3	8	3.3	8	3.3	0	0.0	34	13.9
LES CORTS	0	0.0	1	0.4	2	0.8	1	0.4	4	1.6	0	0.0	8	3.2
SARRIA-S. GERVASI	0	0.0	2	0.8	5	2.0	4	1.6	8	3.3	0	0.0	19	7.7
GRACIA	1	0.4	3	1.2	3	1.2	9	3.7	7	2.9	0	0.0	23	9.4
HORTA-GUINARDO	1	0.4	5	2.0	13	5.3	14	5.7	2	0.8	0	0.0	35	14.2
NOU BARRIS	0	0.0	0	0.0	5	2.0	1	0.4	3	1.2	0	0.0	9	3.6
SANT ANDREU	1	0.4	6	2.4	7	2.9	6	2.4	5	2.0	1	0.4	26	10.5
SANT MARTI	0	0.0	3	1.2	13	5.3	20	8.2	11	4.5	0	0.0	47	19.2
TOTAL	4	1.6	26	10.4	67	27.6	77	31.4	68	27.8	2	0.8	244	100
Buffer de 50 mts														
CIUTAT VELLA	0	0.0	0	0.0	2	0.8	4	1.6	1	0.4	1	0.4	8	3.2
EIXAMPLE	0	0.0	0	0.0	1	0.4	10	4.0	23	9.3	1	0.4	35	14.1
SANTS-MONTJUIC	0	0.0	2	0.8	14	5.7	10	4.1	8	3.2	0	0.0	34	13.8
LES CORTS	0	0.0	0	0.0	2	0.8	2	0.8	4	1.6	0	0.0	8	3.2
SARRIA-S. GERVASI	0	0.0	0	0.0	5	2.0	4	1.6	8	3.2	2	0.8	19	7.7
GRACIA	1	0.4	1	0.4	3	1.2	11	4.5	8	3.3	0	0.0	24	9.8
HORTA-GUINARDO	0	0.0	2	0.8	15	6.1	14	5.7	4	1.6	0	0.0	35	14.1
NOU BARRIS	0	0.0	0	0.0	5	2.0	1	0.4	3	1.2	0	0.0	9	3.6
SANT ANDREU	1	0.4	4	1.6	7	2.8	7	2.8	6	2.4	1	0.4	26	10.5
SANT MARTI	0	0.0	2	0.8	8	4.1	21	8.5	17	6.9	0	0.0	48	20.3
TOTAL	2	0.8	11	4.4	62	26.0	84	34.1	82	33.2	5	2.0	246	100

Fuente: Elaboración propia

Con los radios menores, los valores de L_d que se capturan son más bajos y se pierde el registro de algunas promociones. Lo anterior parece sugerir que el diámetro de 20 mts no es adecuado para realizar el análisis, pues además de las promociones que no aparecen, el valor registrado puede depender de la precisión del posicionamiento. El radio de 50 mts, de forma similar al de 100 mts, registra todas las promociones pero los niveles de ruido son más elevados, y se corrobora que se asignan valores que no son los más representativos; teniendo como valores centrales los obtenidos con el buffer de 30 mts (Tabla 11), las variación más significativas en los niveles de ruido se presentan cuando se incrementa la dimensión del radio.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 11: Análisis de sensibilidad

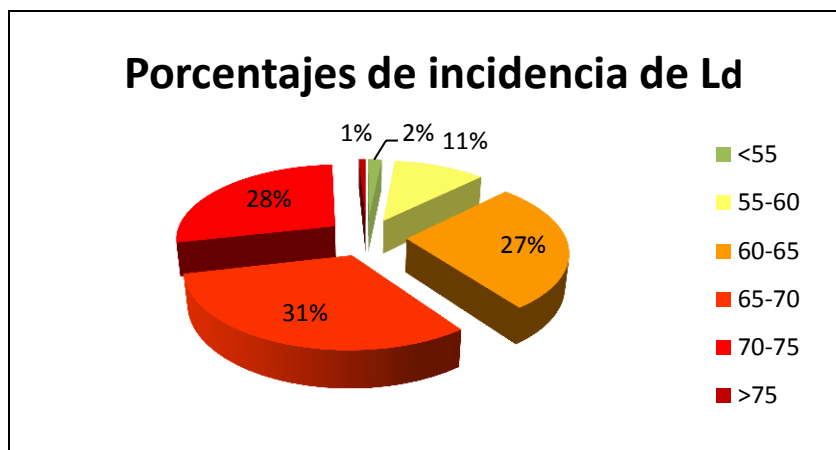
Distrito	B 20			B 30			B-50	
	No. Prom.	Ld (media)	% Var.	No. Prom.	Ld (media)	% Var.	No. Prom.	Ld (media)
<i>CIUTAT VELLA</i>	8	63.3	-1.5%	8	64.2	5.1%	8	67.5
<i>EIXAMPLE</i>	28	68.5	-1.9%	35	69.8	2.1%	35	71.3
<i>SANTS-MONTJUIC</i>	34	65.0	-1.1%	34	65.7	1.6%	34	66.8
<i>LES CORTS</i>	8	66.7	-1.3%	8	67.6	2.5%	8	69.3
<i>SARRIA-SANT GERVASI</i>	18	66.7	-0.7%	19	67.1	4.0%	19	69.8
<i>GRACIA</i>	23	65.2	-2.1%	23	66.6	1.2%	24	67.4
<i>HORTA-GUINARDO</i>	34	62.0	-2.9%	35	63.8	2.4%	35	65.4
<i>NOU BARRIS</i>	7	63.4	-4.9%	9	66.6	0.6%	9	67.1
<i>SANT ANDREU</i>	26	63.3	-2.3%	26	64.8	1.2%	26	65.6
<i>SANT MARTI</i>	45	65.6	-1.5%	47	66.6	2.5%	48	68.2
<i>Media</i>		65.0	-2.0%		66.3	2.2%		67.8
<i>Desv_Est</i>		5.7	8.9%		5.2	-10.0%		4.7
<i>Mediana</i>		65.1	-1.8%		66.3	2.9%		68.2

Fuente: Elaboración propia

El buffer de 30 mts parece ser el más adecuado teniendo en consideración que relaciona la edificación con un nivel de ruido cercano, que en el caso de las promociones ubicadas en esquina, no necesariamente es el de la calle frontal; generalmente incluye los niveles registrados al interior de las manzanas y reduce el posible error en que se incurre al posicionar la edificación. Finalmente, en las edificaciones aisladas, parece ser una medida razonable de la distancia que éstas guardan en relación a la calle.

Los resultado para el buffer de 30 mts. son que la media del nivel de ruido está en 66,3 dB, con una desviación estándar de 5,2 dB, y que el rango en el que se agrupa el mayor número de edificaciones está comprendido entre los 65 y los 70 dB (Ld); este nivel se registra en 77 de las 246 promociones capturadas, y es el más representativo en tres de los diez distritos de la ciudad (Tabla 10 y Gráfico 4). La proporción de edificaciones que se encuentran en los rangos inmediatos es la misma (28% en cada uno de ellos), pero existen más distritos ubicados en el rango de los 60-65 dB (cuatro distritos), que en el de 70 a 75 dB (tres distritos).

Gráfico 4: Porcentaje de edificaciones por niveles de ruido



Fuente: Elaboración propia

En relación al conjunto, las edificaciones con niveles de ruido más alto se ubican principalmente en los distritos de L' Eixample, Sarrià-Sant Gervasi y Les Corts. En cuanto al rango más significativo, de los 65-70 dB, Sant Martí y Horta-Guinardó son los distritos con un número importante de edificaciones comprendidas en él.

Cuando el análisis se realiza para obtener el nivel de ruido asociado a cada uno de los clúster de vivienda, las promociones con la media de ruido más elevada son las que pertenecen al clúster 3 ($L_d=67,9$ dB), seguidas por las del clúster 1 con $L_d=66,4$ dB.

	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4	Clúster 5
Media:	66.4	65.9	67.9	64.4	64.8
Des_est:	5.2	4.6	5.4	4.5	0.0
Mediana:	66.3	65.3	69.5	63.6	64.8

Teniendo en cuenta que los clúster 1 y 3 son los que más casos presentan, y que a partir de sus características se formula la vivienda típica, los niveles de ruido aéreo por distrito que pueden ser considerados como representativos son los siguientes (Tabla 12):

Tabla 12: Niveles de ruido para los clúster 1 y 3

Distrito	Ld (dB)	
	Clúster 1	Clúster 3
CIUTAT VELLA	63.7	NA
EIXAMPLE	70.6	71.5
SANTS-MONTJUIC	64.1	65.0
LES CORTS	72.8	69.5
SARRIA-SANT GERVASI	69.2	71.7
GRACIA	64.7	68.6
HORTA-GUINARDO	62.8	67.5
NOU BARRIS	62.6	70.2
SANT ANDREU	66.4	60.9
SANT MARTI	67.3	67.6

Fuente: Elaboración propia

Conclusión sobre la ubicación y el nivel de ruido en la vivienda típica

Al considerar los resultados de la mapificación del análisis clúster, la georeferenciación de las edificaciones y el posterior análisis espacial para obtener el nivel de ruido característico, la vivienda típica puede ser ubicada en el distrito de Sant Martí, con un nivel de ruido en el rango de los 65-70 dB, específicamente con $L_d=67,3$ dB. El valor obtenido está en el rango medio del conjunto, pero es ligeramente mayor a la media de las promociones ($L_d=66,4$ dB).

Anexo 2: Verificación del cumplimiento normativo

Lo que se busca al detallar los elementos constructivos es considerar las funciones que desarrollan, ya que éstas condicionan en alguna manera la tipología constructiva; para Monjo y Lacambra (2007) hay que definirlos de manera que permitan la materialización de la solución planteada, cumpliendo con los criterios básicos de durabilidad, funcionalidad constructiva y economía.

La bibliografía (Mas, 2005; Monjo y Lacambra, 2007) indica que las condiciones básicas a tener en consideración para detallar a los elementos constructivos son las siguientes:

- Geometría: el proceso constructivo de los elementos generalmente es aditivo, en el que cada uno de los componentes debe acoplarse con otros, pasando por modificaciones en su forma y composición. Su aspecto formal como unidad depende de la solución, por lo que es necesario establecer la textura superficial, la dimensión de los componentes y su posición en el conjunto, así como su forma de unión.
- Características físico-químicas: las condiciones a las que se encuentran expuestos afectan su durabilidad; estos factores pueden ser de tipo atmosférico, orgánico (microorganismos y vegetación), funcionales (por su utilización) y el fuego. En cuanto a la funcionalidad, se deben contemplar las condicionantes higrotérmicas (condensaciones y puentes térmicos), higiénicas (ventilación), lumínicas, acústicas y visuales (estética y privacidad).
- Características mecánicas: ya que deben mantener la estabilidad y su función ante acciones mecánicas y agentes externos, producto de la naturaleza o del propio uso.
- Condicionantes económicas: que permitan la optimización de los recursos cumpliendo con las condicionantes anteriores.

En cuanto a las condiciones de partida para el detallado, se resumen en:

- Exigencias generales, que se recogen en el programa de necesidades de la edificación.
- Exigencias externas, también llamadas de sostenibilidad, que son las que establece el entorno ambiental.

Los elementos constructivos con interés para el estudio son los cerramientos pues son una barrera, pero también una vía de transmisión para la energía acústica. El aumento de su aislamiento frente a ruido aéreo se puede lograr mediante dos procedimientos, que consisten en incrementar su masa, o construirlos mediante dos o más hojas separadas por cámaras que contengan materiales específicamente fabricados para aislar. Para reducir el nivel de ruido de impacto, los medios empleados

son el incremento de masas y la introducción de elementos elásticos que reduzcan los puentes acústicos.

El “Manual de cerramientos opacos” (2006), en función de su composición, clasifica a los cerramientos de la siguiente manera:

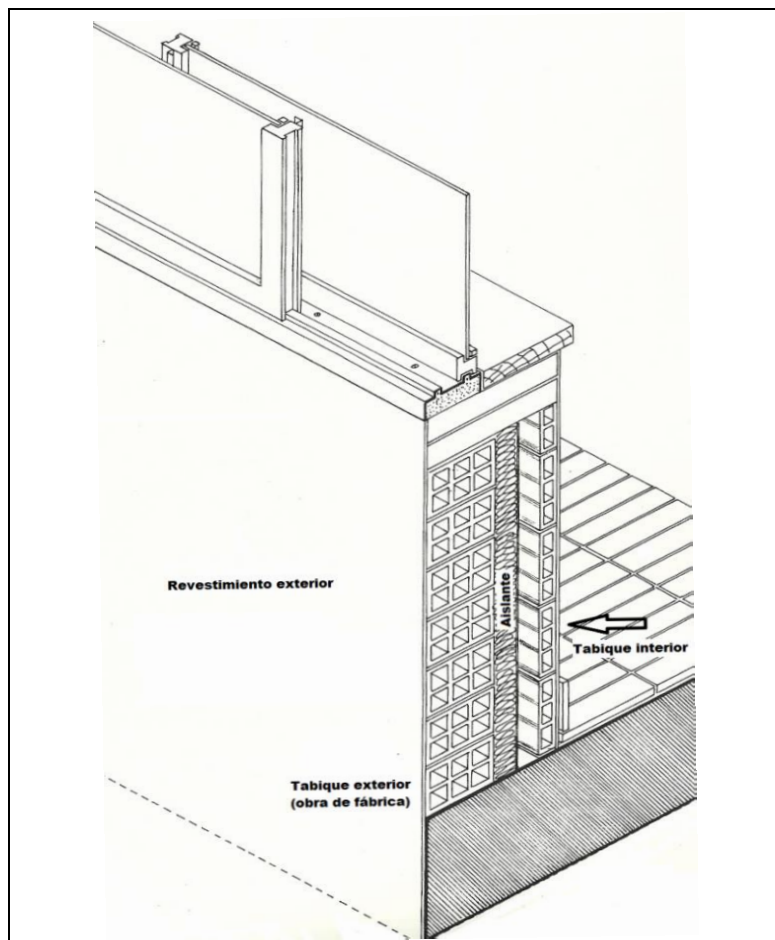
- Verticales simples: básicamente compactos, aun cuando pueden estar constituidos por más de una capa, todas unidas entre sí pero sin contener aislantes específicos.
- Verticales compuestos: formados por varias capas, una de las cuales funciona como aislante.
- Horizontales: proporcionan plataformas horizontales resistentes; algunas de ellas incluyen la capa aislante.
- Cubiertas: pueden ser inclinadas o planas y todas incluyen algún aislante.

Para cumplir con las funciones de aislamiento, resistencia y estanquidad (Mas, 2005) que contribuyen con el confort de las edificaciones, los cerramientos exteriores se componen de los siguientes elementos funcionales:

- Obra de fábrica
- Aislante
- Tabique interior
- Hoja exterior o revestimiento de estanquidad (elemento que no necesariamente está presente)

En cuanto a los materiales, estos pueden ser variados siempre que sean funcionales y durables, por lo que es posible encontrar edificaciones con obra vista de ladrillo cerámico o de hormigón, así como bloques revestidos, junto con hojas interiores de ladrillo cerámico hueco o de bloques de hormigón, y tener diversos acabados interiores (Ilustración 17).

Ilustración 17: Detalle de cerramiento

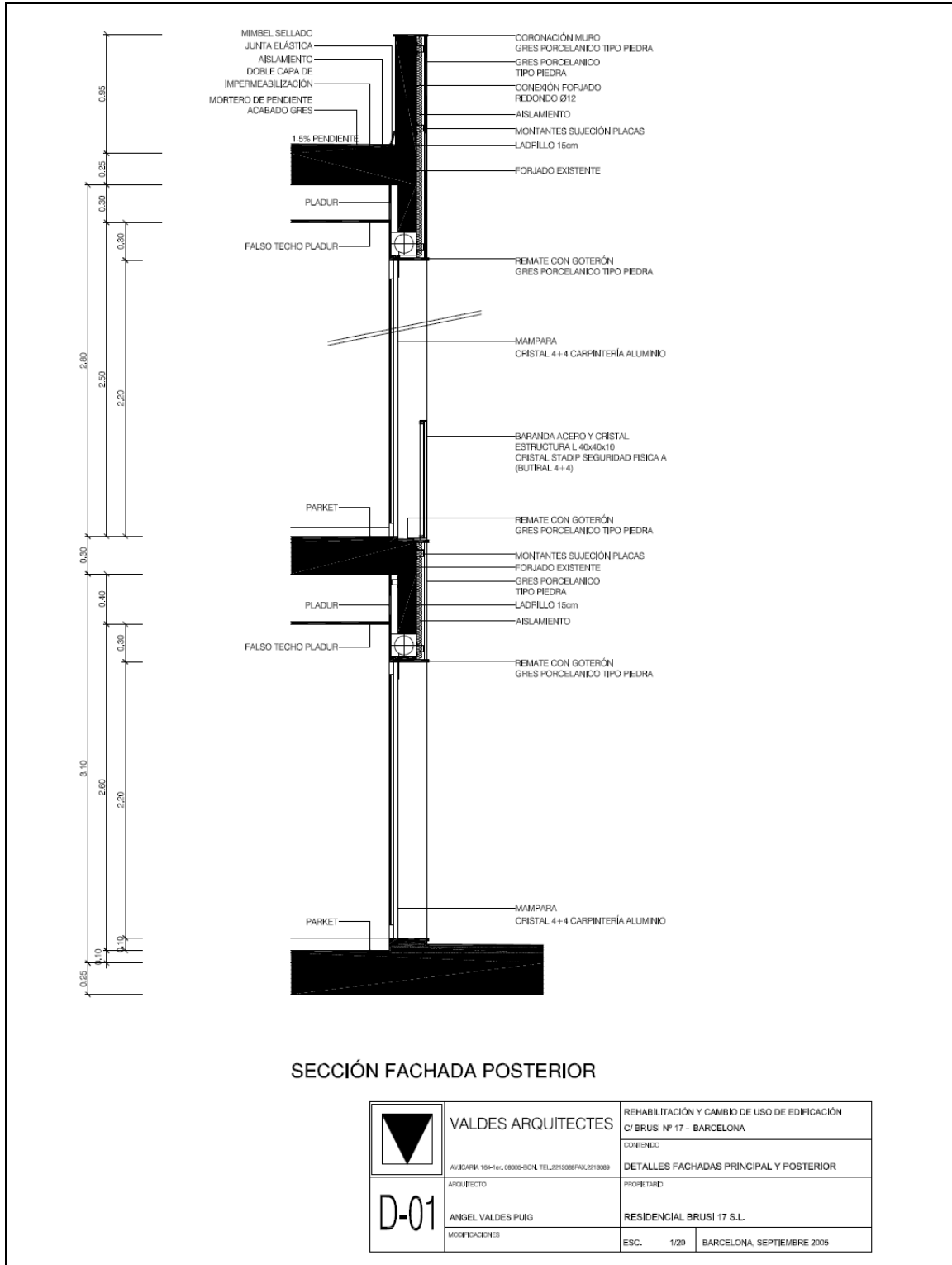


Fuente: A partir de Permanyer (1981)

Para este estudio, sin menoscabo de las demás, la función principal de los cerramientos es la de aislar por lo que su caracterización se basa en ese criterio. Diversos estudios (Smith *et al.*, 2006; Baranzini *et al.*, 2006; Trombetta, Krüger y Lucio, 2008; Low, Liu y Oh, 2008) demuestran que los niveles de ruido dentro de los recintos se deben, entre otros factores, a la falta de aislamiento acústico y que una intervención en los elementos constructivos puede incrementar considerablemente el confort acústico de las edificaciones.

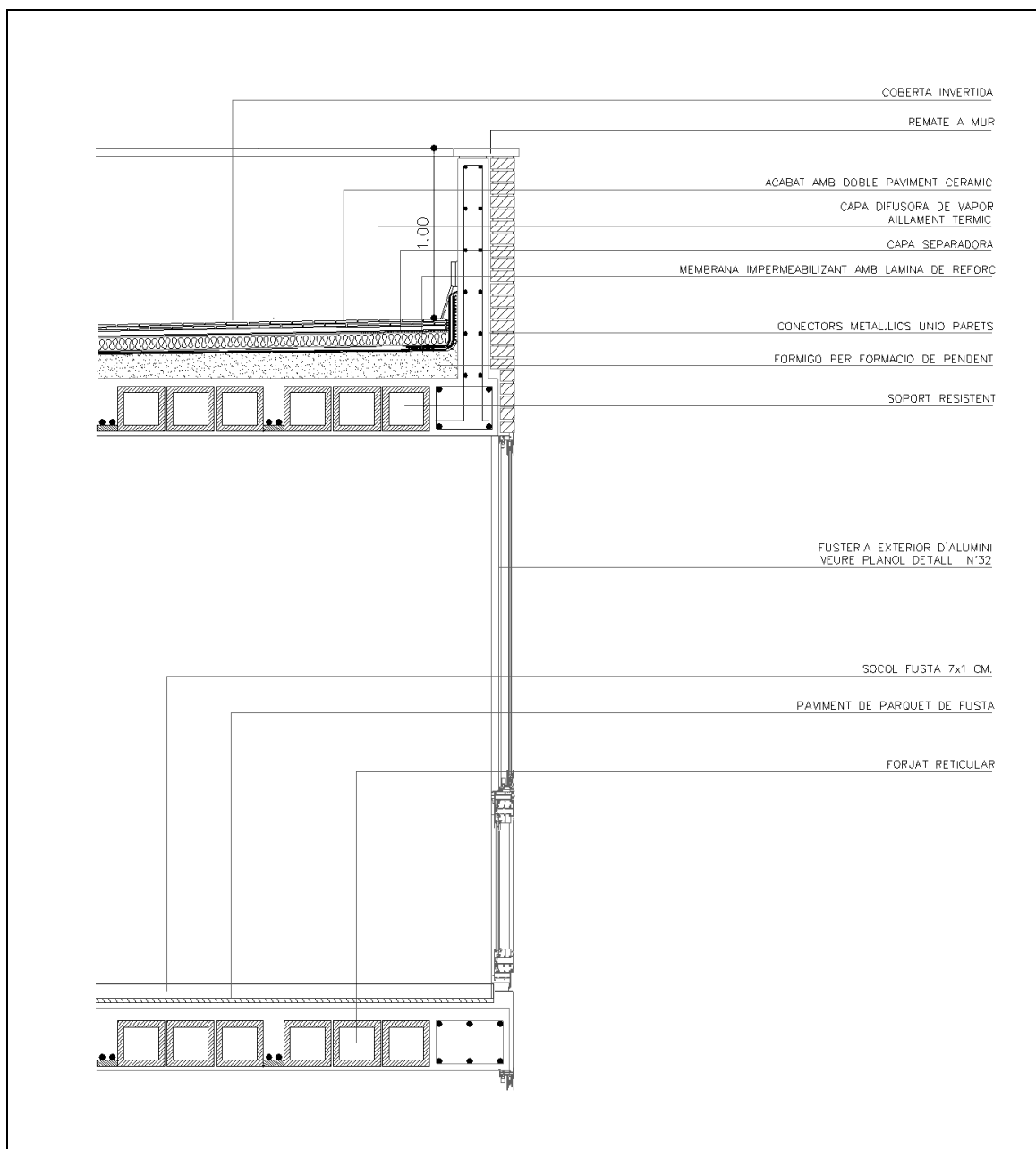
Con el fin de llegar a detallar los componentes de la vivienda típica del estudio, se solicitó información a arquitectos y promotores, además de realizar la consulta de manuales de diseño; de la consulta a los especialistas se obtuvieron los siguientes detalles, que pertenecen a las promociones de la calle de Brusi 17 (Ilustración 18) y a la de Bilbao y Pere IV (Ilustración 19).

Ilustración 18: Detalle de fachada



Fuente: Valdes Arquitectes (2005)

Ilustración 19: Detalle de fachada y de cerramientos horizontales



Fuente: Bosc-Cuspinera Associats(2001)

Diseño previo a la implementación del DB-HR

Considerando que estas promociones fueron diseñadas previamente al año 2009 (implementación definitiva el DB-HR), sus prestaciones acústicas corresponden a la norma NBE-CA-88, como consta en las respectivas memorias descriptivas. Los detalles constructivos fueron proporcionados por los diseñadores, o son soluciones de manual que cumplen con los requisitos fijados en ese momento.

Según el artículo 3º de la NBE-CA-88, los edificios se caracterizaban acústicamente por el aislamiento que se definía para todos y cada uno de los elementos verticales y horizontales que conforman los

distintos espacios interiores habitables. En edificios con varios usos, la norma se aplicaba para cada uno de ellos por separado y se mantenía la imposición más exigente en los elementos constructivos comunes.

En el caso de los elementos formados por materiales diversos (caracterizados por tener aislamientos específicos muy diferentes) el aislamiento acústico se estudiaba de manera global, contemplando los distintos componentes y sus propiedades específicas. Los valores del aislamiento al ruido aéreo y al impacto proporcionados por los elementos constructivos se determinaban mediante ensayo, y estaban en función de la masa (m) del conjunto. Los parámetros de diseño utilizados era el aislamiento acústico normalizado (R), obtenido en laboratorio y expresado en dBA, y el nivel de ruido de impacto normalizado (L_n), que representa el nivel de ruido producido por una máquina de impactos ubicada en un recinto adyacente al de la medición.

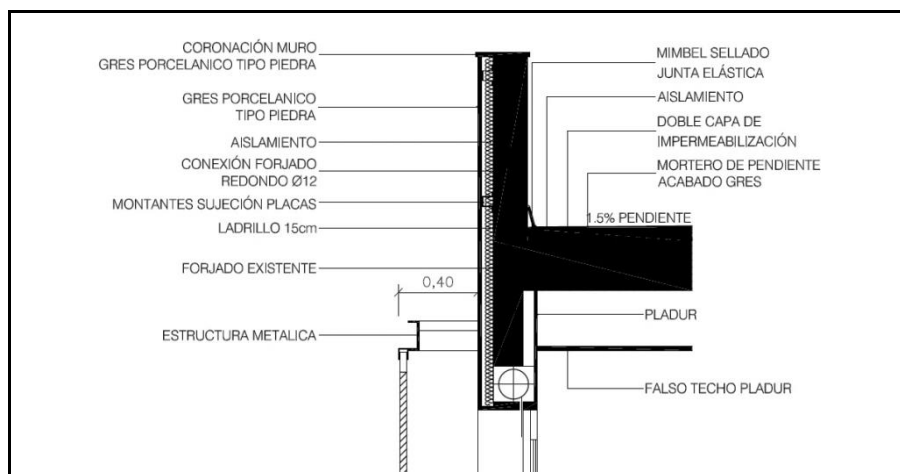
El diseño de estos elementos se efectuaba mediante la selección de aquellos que cumplieren con los valores de aislamiento establecidos; las soluciones constructivas que cumplían lo indicado en la norma respecto al ruido aéreo pero no lo hacían con la exigencia relativa al ruido de impacto, eran complementadas con elementos amortiguadores o flotantes.

Soluciones para elementos constructivos

Los detalles de los elementos constructivos que se aplicaron en este estudio surgen de la definición de las características de la vivienda típica, la información recabada de las promociones, la revisión bibliográfica y los requerimientos impuestos por la norma.

La definición de los cerramientos horizontales y verticales se originó de la información de las promociones de la calle Brusi 17 (Distrito de Sarrià-Sant Gervasi) y Bilbao y Pere IV (Distrito de Sant Martí) que aparecen tipificadas en los clúster 1 y 3. De los planos y detalles obtenidos en el archivo distrital y de los arquitectos diseñadores se extrajeron algunas de las características sobre la geometría y composición de los elementos constructivos (Ilustración 20). Para los elementos sin definir, el criterio de selección fue el cumplimiento de la geometría de proyecto y del aislamiento exigido en la norma.

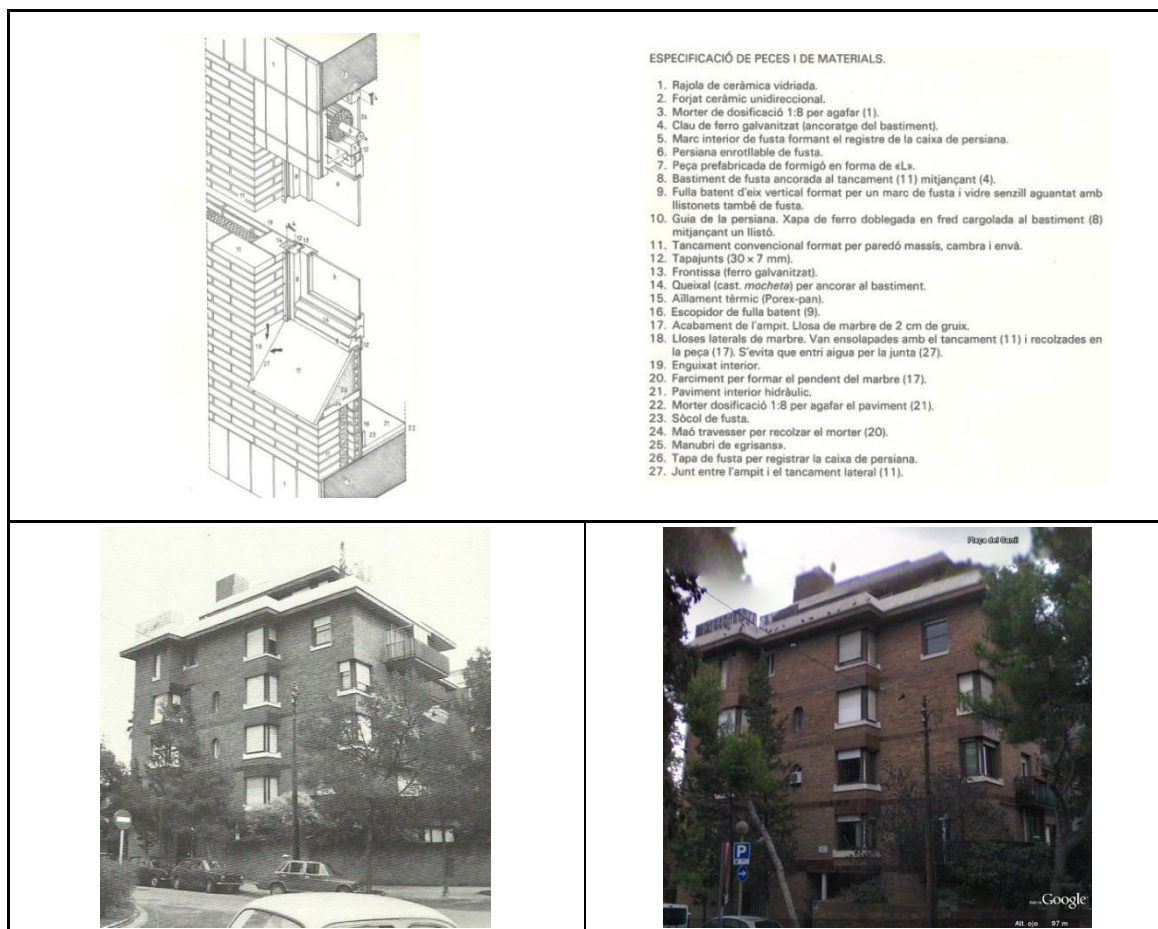
Ilustración 20: Detalle de cubierta de la edificación de Brusi 17



Fuente: Valdes Arquitectes

Para la promoción de la calle Brusi, en donde la fachada es de tipo ligera con porcelánico y no de obra vista, los detalles se definieron a partir de Permanyer (1981), cuidando de que el ejemplo elegido fuera vigente y con características que pudieran cumplir tanto con lo obtenido estadísticamente, como con la normativa NBE (Ilustración 21).

Ilustración 21: Detalle de fachada de obra vista



Fuente: Composición a partir de Permanyer (1981) y Google Earth

En el caso de la promoción de Pere IV, en donde la solución para la fachada es de obra vista, la información procede directamente del proyecto arquitectónico.

Soluciones para cubiertas y elementos horizontales de separación

En el artículo 15° de la NBE se define a la cubierta como el conjunto de techo, forjado o elemento estructural y cubrición propiamente dicha. El aislamiento mínimo a ruido aéreo (R) exigible a estos elementos constructivos se fijaba en 45 dBA y para cubiertas transitables, el nivel de ruido de impacto normalizado (L_n), en el espacio subyacente, no debía superar 80 dBA, con excepción de que los espacios fueran no habitables (trasteros y salas de máquinas).

Los elementos horizontales de separación eran definidos en el artículo 14° de la NBE como el conjunto de techo, forjado y solado, siempre que al menos uno de los locales que separa tuviese uno de los usos que señala la propia norma. El valor mínimo de aislamiento a ruido aéreo (R) que se exigía a estos elementos se fijaba en 45 dBA, mientras que el nivel de ruido de impacto normalizado (L_n) en el espacio subyacente no debía superar los 80 dBA, con la excepción de que los espacios fueran exteriores o no habitables como en el caso de porches, cámaras de aire, garajes, almacenes o salas de máquinas.

Las soluciones para cubierta que se presentan a continuación (Tabla 13), así como los componentes y propiedades de cada uno de ellas, fueron tomados del “Manual de cerramientos opacos” editado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (2006).

Tabla 13: Soluciones para cubierta

Forjado unidireccional de hormigón/bovedilla de hormigón + Hormigón ligero + Baldosa		
	<p><i>Composición:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pavimento de baldosa tomada con mortero 2. Aislante térmico 3. Impermeabilizante 4. Formación de pendientes de hormigón celular 5. Bovedilla de hormigón 6. Forjado de hormigón 7. Revestimiento continuo interior 	<p><i>Propiedades:</i></p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 310 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 49 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 86 dBA</p>
Forjado unidireccional de hormigón/bovedilla cerámica + Hormigón ligero + Baldosa		

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pavimento de baldosa tomada con mortero 2. Aislante térmico 3. Impermeabilizante 4. Formación de pendientes de hormigón celular, con espesor medio de 100mm. 5. Bovedilla de cerámica 6. Forjado de hormigón 7. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 280 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 87 dBA</p>
<p>Losa de hormigón + Hormigón ligero + Baldosa</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pavimento de baldosa tomada con mortero 2. Aislante térmico 3. Impermeabilizante 4. Formación de pendientes de hormigón celular, con espesor medio de 100mm. 5. Losa de hormigón armado 6. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 485 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 57 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 78 dBA</p>
<p>Observaciones:</p> <p>El aislamiento a ruido aéreo (R) y el nivel de ruido de impacto (L_n) están calculados mediante las leyes de la masa, lo que da valores del lado de la seguridad, en especial para determinados materiales aislantes.</p>		

Fuente: Manual de cerramientos opacos (2006)

Todas estas opciones cumplen con el aislamiento a ruido aéreo (R) superando el mínimo de 45 dBA, pero sólo las losas de hormigón lo hacen con el nivel de ruido de impacto (L_n) pues las restantes están por debajo de los 80 dBA requeridos, por lo que las cubiertas con forjados unidireccionales tendrían que ser mejoradas con elementos amortiguadores para no rebasar el límite establecido.

A continuación (Tabla 14) se presentan algunas de las opciones para los cerramientos horizontales que cumplen con la geometría de las promociones que se analizan.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Tabla 14: Soluciones para cerramientos horizontales

Forjado unidireccional de hormigón/bovedilla de hormigón + Parquet		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Parquet de madera 2. Base de mortero 3. Forjado unidireccional de viguetas de hormigón armado o pretensado 4. Bovedilla de hormigón 5. Revestimiento continuo de pasta de yeso 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 290 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 87 dBA</p>
Forjado unidireccional de hormigón/bovedilla cerámica + Aislante + Parquet		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pavimento de parquet de madera 2. Base de mortero 3. Aislamiento térmico rígido 4. Forjado unidireccional de viguetas de hormigón armado o pretensado 5. Bovedilla cerámica 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 320 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 50 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 85 dBA</p>
<p>Observaciones:</p> <p>Estas soluciones se incluyen principalmente para casos de forjados situados sobre espacios no habitados, lo que les exime del cumplimiento de muchas exigencias.</p>		
Losa de hormigón armado + Parquet		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pavimento de parquet de madera 2. Base de mortero 3. Losa de hormigón armado 4. Revestimiento continuo de pasta de yeso 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 590 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 60 dBA</p> <p>Nivel de ruido de impacto (L_n): 75 dBA</p>

Fuente: Manual de cerramientos opacos (2006)

De las soluciones propuestas, sólo las losas de hormigón y los forjados unidireccionales de hormigón con placa alveolar cumplen los requisitos establecidos en la NBE para el aislamiento a ruido aéreo y el nivel de ruido de impacto; las demás tendrían que ser mejoradas contra el ruido de impacto.

Cerramientos verticales

En la NBE se considera como partición interior a los elementos constructivos verticales que separan locales de la misma propiedad o usuario. Las soluciones convencionales eran elementos simples constituidos por un material homogéneo, por mampostería sólidamente unida o por elementos prefabricados. El valor del aislamiento proporcionado por estos paramentos se determinaba mediante ensayo y en ausencia de éste, mediante ecuaciones pues en estos casos el valor depende casi exclusivamente de su masa. Para las particiones prefabricadas constituidas por elementos blandos a la flexión, como fibras o virutas aglomeradas y placas de yeso laminado, su aislamiento es generalmente mayor y depende en gran parte de su diseño y realización, por lo que sus propiedades acústicas se determinaban mediante ensayo. El aislamiento mínimo a ruido aéreo (R) exigible se fijaba en 30 dBA para las particiones que compartimentan áreas del mismo uso y en 35 dBA para las que separan áreas de usos distintos.

Como cerramientos que separan propiedades o usuarios distintos, el artículo 11° de la NBE incluía, para edificios residenciales privados o administrativo y de oficina, a las paredes medianeras que dividen propiedades o usuarios distintos, a las paredes separadoras de aulas y a las paredes separadoras de habitaciones destinadas a usuarios distintos en edificios de usos residencial público o sanitario. El aislamiento mínimo a ruido aéreo (R) para estos elementos, así como para aquellos que forman parte de las zonas comunes interiores, se fijaba en 45 dBA. En la Tabla 15, se presentan las soluciones de manual para los cerramientos verticales que cumplen con la geometría de proyecto (7 cms. para interior y 15 cms. para separar propiedades).

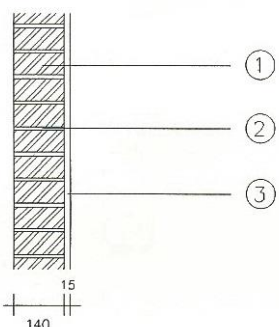
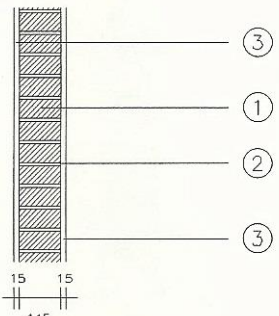
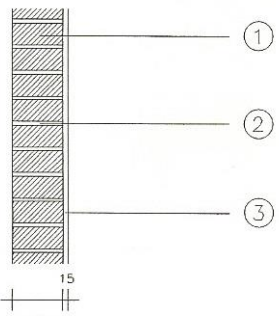
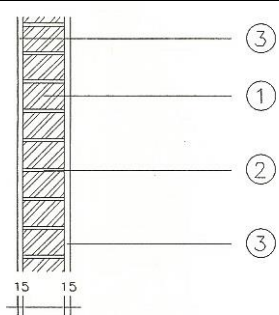
Tabla 15: Cerramientos verticales simples

Ladrillo hueco sencillo de 4 cm + Yeso + Yeso		
	<p><i>Composición:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Ladrillo cerámico hueco sencillo 3. Mortero M-40a 4. Revestimiento continuo de yeso 	<p><i>Propiedades:</i></p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 90 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 34 dBA</p>
Ladrillo hueco sencillo de 4 cm + Yeso + Alicatado		

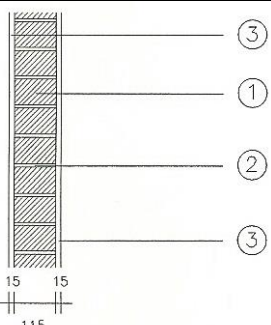
EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 2. Ladrillo cerámico hueco sencillo 3. Mortero M-40a 5. Revestimiento continuo de yeso 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 125 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 37 dBA</p>
<p align="center">Tabiques de cartón-yeso con perfil metálico (46 mm)</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Placas de cartón-yeso 2. Estructura de perfiles metálicos ligeros 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 23 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 35 dBA</p>
<p align="center">½ pie ladrillo hueco (métrico)</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 2. Ladrillo cerámico hueco doble 3. Mortero M-40a 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 190 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 42 dBA</p>
<p align="center">½ pie ladrillo perforado (métrico)</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo cerámico perforado 2. Mortero M-40^a 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 230 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 45 dBA</p>
<p align="center">½ pie ladrillo macizo (catalán)</p>		

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo cerámico perforado 2. Mortero M-40^a 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 240 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 45 dBA</p>
<p>½ pie ladrillo macizo (métrico)</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo cerámico macizo 2. Mortero M-40^a 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 280 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p>
<p>½ pie ladrillo macizo (catalán)</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo cerámico macizo 2. Mortero M-40^a 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 265 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 47 dBA</p>
<p>½ pie ladrillo silicocalcáreo perforado</p>		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo silicocalcáreo perforado 2. Mortero 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 255 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 46 dBA</p>
<p>½ pie ladrillo silicocalcáreo macizo</p>		

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	<p><i>Composición:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillo silicocalcáreo macizo 2. Mortero 3. Revestimiento continuo de mortero de cemento y arena 	<p><i>Propiedades:</i></p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 290 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p>
---	---	---

Fuente: Manual de cerramientos opacos (2006)

Para las particiones interiores, las soluciones cumplen con la geometría de proyecto y con el aislamiento requerido; cuando el ladrillo hueco sencillo se complementa con alicatado, también cumple. Para los elementos de separación de uso, con excepción del ½ pie de ladrillo hueco, todas las propuestas cumplen con los requerimientos geométricos y de aislamiento.

Al presentarse exigencias de insonorización cada vez mayor, como en las fachadas, la dependencia entre aislamiento y masa hacen preciso utilizar sistemas que garanticen alcanzar los niveles exigido sin que ésta última crezca desproporcionadamente. La solución más usual es la de fraccionar el elemento constructivo en dos o más hojas separadas entre sí para evitar que la vibración se transmita entre ellas, dando origen a los elementos verticales compuestos.

El comportamiento de estos elementos depende de la rigidez de la unión de los componentes, de los elementos constructivos adyacentes y de las vías de transmisiones. Para determinar el nivel de aislamiento, la NBE indicaba la aplicación ensayos y en algunos casos específicos, el uso de expresiones matemáticas que toman en consideración la masa total del elemento.

Según el artículo 13° de la NBE, las fachadas son los elementos constructivos verticales, o con inclinación superior a 60° sobre la horizontal, que separan del exterior los espacios habitables del edificio. Comúnmente es un paramento mixto en donde el comportamiento acústico está condicionado por el elemento más débil, que suele ser la cancelería. La norma resaltaba que un incremento de 10 dBA sobre el aislamiento del elemento acústicamente más débil era prácticamente el valor máximo que se podía esperar para el aislamiento global en fachadas normales, lo que confirmaba el supuesto anterior y la necesidad de mejorar la ventanería y el acristalamiento a fin de conseguir aislamientos adecuados.

La NBE indicaba que el valor del aislamiento proporcionado por una ventana se determinaba mediante ensayo y en ausencia de éste, mediante ecuaciones en función del tipo de acristalamiento y de la clase de carpintería. Los valores mínimos de R (≤ 12 dBA) corresponden a la carpintería sin clasificar, pasando por las ventanas Clase A-3 con acristalamiento laminar, hasta llegar a las ventanas dobles que dependiendo de su diseño, pueden alcanzarse valores altos de aislamiento.

A título indicativo, la norma incluía una tabla donde se establecían los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales empleadas en ventanas con distinto

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

acristalamiento, determinados mediante ecuaciones y teniendo en consideración los pesos específicos más usuales de los materiales. El aislamiento acústico global mínimo a ruido aéreo a_g exigible a estos elementos constructivos en cada local de reposo se fijaba en 30 dBA y para el resto de los locales, excluidos los de servicio como cocinas y baños, se consideraba suficiente el aislamiento proporcionado por ventanas con carpinterías de la Clase A-1 como mínimo, provistas de acristalamientos de espesor igual o superior a 5-6 mm.

Con estos criterios, algunas de las posibles soluciones para fachadas que se ajustan a los parámetros obtenidos en el análisis son los incluidos en la Tabla 16; todas las propuestas cumplen con los 45 dBA de aislamiento acústico mínimo a ruido aéreo establecido en la norma.

Tabla 16: Cerramientos verticales compuestos para fachada

½ ladrillo cerámico hueco (métrico)		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revestimiento continuo exterior 2. ½ pie ladrillo cerámico hueco (métrico) 3. Mortero M-40a 4. Enfoscado de mortero M-80a 5. Cámara de aislamiento térmico 6. Tabique de ladrillo cerámico hueco sencillo 7. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 270 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 47 dBA</p>
½ ladrillo cerámico hueco (catalán)		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revestimiento continuo exterior 2. ½ pie ladrillo cerámico hueco (catalán) 3. Mortero M-40a 4. Enfoscado de mortero M-80a 5. Cámara de aislamiento térmico 6. Tabique de ladrillo cerámico hueco sencillo 7. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 290 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p>
½ pie ladrillo cerámico perforado cara vista (métrico)		
	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ½ pie de ladrillo cerámico perforado cara vista (métrico) 2. Mortero M-40a 3. Enfoscado de mortero M-80a 4. Cámara de aislamiento térmico 5. Tabique de ladrillo cerámico hueco sencillo 6. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 280 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 48 dBA</p>
½ pie ladrillo cerámico perforado cara vista (catalán)		

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	<p>Composición:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ½ pie de ladrillo cerámico perforado cara vista (catalán) 2. Mortero M-40a 3. Enfoscado de mortero M-80a 4. Cámara de aislamiento térmico 5. Tabique de ladrillo cerámico hueco sencillo 6. Revestimiento continuo interior 	<p>Propiedades:</p> <p>Peso por unidad de superficie (P): 325 kp/m²</p> <p>Aislamiento acústico a ruido aéreo (R): 50 dBA</p>
--	--	---

Fuente: Manual de cerramientos opacos (2006)

Para verificar el cumplimiento del aislamiento en la fachada se considera que inicialmente se tiene la carpintería de la promoción de la calle Brusi. La carpintería es de aluminio Clase A2 con acristalamiento 4+4 (R=13,3 log e + 17,5= 29,5 dBA) y el cerramiento es ½ pie ladrillo cerámico perforado cara vista catalán (R=50 dBA); las superficies ciegas y acristaladas son, respectivamente:

$$S_c=145 \text{ m}^2;$$

$$S_v=70 \text{ m}^2$$

El aislamiento acústico global ag de un elemento mixto se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$a_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}}$$

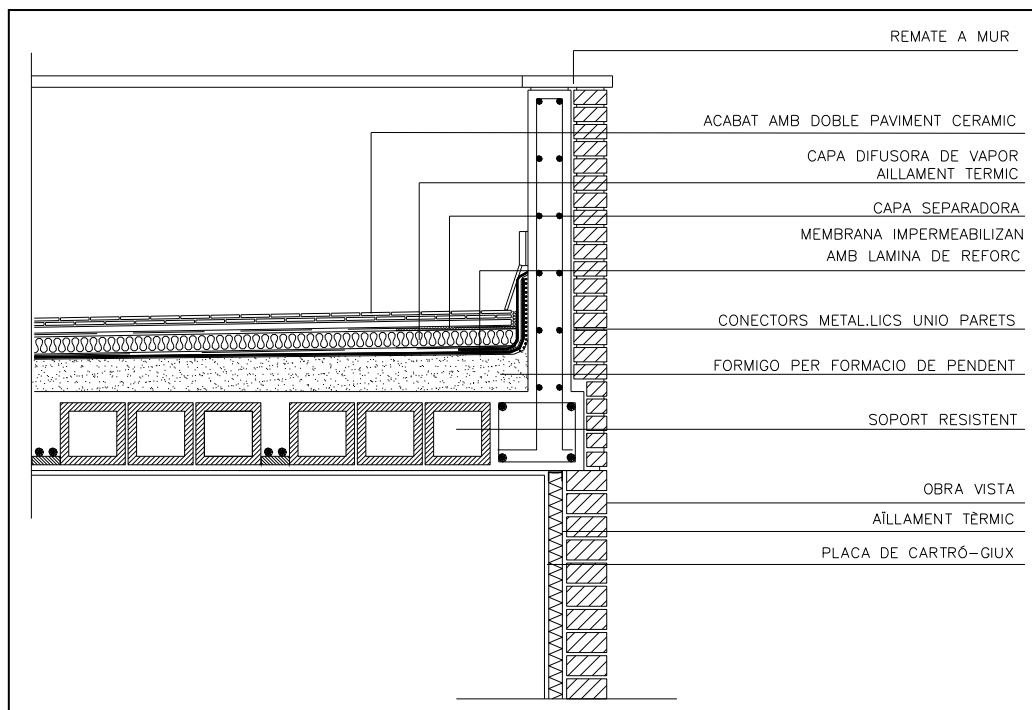
$$a_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}} = 10 \log \frac{145 + 70}{\frac{145}{10^{50/10}} + \frac{70}{10^{29,5/10}}} = 34,29 \text{ dBA}$$

Visto lo anterior, con los elementos propuestos se cumple el nivel de aislamiento global de 30 dBA exigidos por la norma, por lo que se consideran válidos.

Una vez verificado el comportamiento general de los elementos constructivos, a partir de estos se eligieron de manera definitiva los que se utilizaron para caracterizar acústicamente la vivienda típica y estimar los sobrecostos de mejorar el aislamiento.

La vivienda original (NBE-CA) está formada principalmente por muros de albañilería o fábrica (tradicional y mixta) y forjados unidireccionales con elementos de entrevigado de hormigón.

Ilustración 22 Detalle de los elementos constructivos



Fuente: Arquitectos autores del proyecto (Bosch-Cuspinera Associats)

Para el cálculo de los niveles de inmisión de ruido aéreo proveniente del exterior se consideró que la parte ciega de la fachada es de obra vista de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cerámico, cámara de aislamiento y placa de yeso laminado de 11mm (Ilustración 22); el cerramiento del hueco de fachada es de carpintería de aluminio (clase A2) con capialzado, persianas de PVC y vidrio simple 4+4 mm.

En el caso de la promoción de las calles Bilbao y Pere IV, los valores de a_g son los siguientes (Tabla 17):

Tabla 17 Cálculo del aislamiento global (a_g) para la fachada de la vivienda típica

Parámetro	Fachada A (Bilbao)	Fachada B (Pere IV)	Descripción
Sc=	602.86	300.23	Superficie de cerramientos
Sv=	197.68	135.42	Superficie acristalada
Sc+Sv=	800.53	435.65	Superficie total de fachada
% Sv	24.7	31.1	Porcentaje de acristalamiento
ac=	44	44	Aislamiento acústico del cerramiento
av=	27	27	Aislamiento acústico de la carpintería
$zc=10^{(ac/10)}$ =	25118.8643	25118.8643	
$zv=10^{(av/10)}$ =	501.187234	501.187234	
Sc/zc=	0.02400011	0.01195248	
Sv/zv=	0.39441547	0.27019842	
$Z=(Sc+Sv)/(zc+zv)$ =	1913.24495	1544.04183	
$a_g=10\log Z$ =	32.82	31.87	Aislamiento global

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la diferencia en el diseño de cada edificación, estos valores son similares a los obtenidos para la calle Brusi, señalando que las soluciones adoptadas son pertinentes. Posteriormente,

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

con el llenado de la ficha justificativa, se observa que en general estas soluciones cumplen con las exigencias normativas (Tabla 18).

Tabla 18 Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios

Elementos constructivos verticales			Masa m en kg/m ²	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA						
				Proyectado	Exigido					
Particiones interiores (Art. 10º)	Áreas de igual uso	<i>Ladrillo hueco doble de 6 cm con revestimiento continuo de yeso (S-003).</i>	119	36	≥ 30					
	Áreas de uso distinto	<i>Ladrillo hueco doble de 6 cm. con alicatado y mortero (S-003)</i>	152	39	≥ 35					
Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos (Art. 11º)	<i>½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de mortero (S-012)</i>		270	47	≥ 45					
Paredes separadoras de zonas comunes interiores (Art. 12º)	<i>½ pie ladrillo perforado (catalán) con revestimiento continuo de yeso (S-012)</i>		250	46	≥ 45					
Paredes separadoras de salas de máquinas (Art. 17º)	<i>Bloque hueco de hormigón de 29 cm con revestimiento continuo en ambas caras (S-027)</i>		450	55	≥ 55					
Fachadas (art.13º)	Parte ciega			Ventanas			sv	a _c -a _g	Aislamiento acústico global a ruido aéreo	
	sc	mc	ac	sv	e	av			a _g en dBA	
	m ²	Kg/m ²	dBA	m ²	mm	dBA	sc+sv	dBA	Proyecto	Exigido
<i>Obra vista de ½ pie ladrillo cerámico métrico, cámara de aislamiento térmico y placa de cartón yeso (C-011) con ventanas clase A-2 vidrio 4+4</i>	602.8	215	44	197.6	4+4	27	800.5	11.2	32.8	≥ 30
Elementos constructivos horizontales			Masa m	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA		Nivel ruido impacto Ln en dBA				
			kg/m ²	Proyectado	Exigido	Proyectado	Exigido			
Elementos horizontales de separación (Art. 14º)	<i>Elemento horizontal interior (techo), con soporte resistente a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos ligeros de 25cm de espesor, pavimento de tablero de madera colocado sobre aislamiento acústico a ruido de impactos de lana mineral de 12mm de espesor. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>			282	53	≥ 45	76	≤ 80		
Cubiertas planas y tejados (Art. 15º)	<i>Cubierta plana, transitable peatonal, sin cámara de aire, con soporte resistente horizontal a base de un forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón de áridos densos de 25cm de espesor, solado cerámico fijo, capa de impermeabilización, aislamiento térmico, barrera de vapor y formación de pendientes de hormigón con áridos densos. Revestimiento interior con guarnecido de yeso.</i>			322	50	≥ 45	80	≤ 80		

Fuente: Elaboración propia

Para analizar el cumplimiento del DB-HR inicialmente se partió de las mismas soluciones constructivas; el diseño definitivo se efectuó con la aplicación “Silensis”. En caso de las fachadas, el porcentaje de acristalamiento fue obtenido para las distintas viviendas pero la ficha que se presenta a continuación sólo se presenta el caso más desfavorable. A continuación se presenta el informe para la vivienda típica.

INFORME HERRAMIENTA SILENSIS

Datos del Proyecto

Nombre del proyecto Tesis 5
Fecha del proyecto 12/07/2011
Ubicación Barcelona

Ruido exterior

El ruido exterior viene determinado por los siguientes parámetros

- Índice de ruido día, $L_d = 67$ dBA
- El proyecto se encuentra en una zona de aeronaves SI NO

Tipología del edificio



En altura o bloque: recintos colindantes verticalmente de distinto usuario

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

FACHADA nº 1



¿Existe recinto protegido colindante con la fachada?

NO

Esta fachada no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica, por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.

SI

La fachada es una fachada de patio de manzana cerrado o patio interior o fachada exterior en zona o entorno tranquilo, que no va a estar expuesta directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas.

SI

NO

El porcentaje de huecos más desfavorable de la fachada, calculado con respecto a la superficie de la fachada medida desde el interior del recinto protegido con mayor tamaño de huecos, es de:

67.3 %

La fachada es del tipo:

Hojaprincipalvistade1/2pie,conrevestimientointermedio, aislantetérmicoporelinterior,cámarasinventilar.

El subtipo de fachada viene determinado por los siguientes componentes:

LP(11,5-13) + RC + AT + C + LH(5-6) + ENL

La fachada debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$m = 225 \text{ kg/m}^2$ $R_A = 49 \text{ dBA}$

La hoja principal de la fachada de doble hoja debe cumplir:

masa (m) = 173 kg/m²

El medio de fijación del revestimiento discontinuo de la fachada es:

Según el grado de ventilación de la cámara de la fachada es:

R_{Atr} mínimo de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador:

38 dBA



Si la fachada es de dos hojas, las hojas interiores de ésta deben llevar bandas en la base en su unión con el forjado en todos los casos salvo si presentan un $R_A > 42 \text{ dBA}$

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

FACHADA nº 2



¿Existe recinto protegido colindante con la fachada?

NO

Esta fachada no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica, por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.

SI

La fachada es una fachada de patio de manzana cerrado o patio interior o fachada exterior en zona o entorno tranquilo, que no va a estar expuesta directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas.

SI

NO

El porcentaje de huecos más desfavorable de la fachada, calculado con respecto a la superficie de la fachada medida desde el interior del recinto protegido con mayor tamaño de huecos, es de:

67.5 %

La fachada es del tipo:

Hojaprincipalvistade1/2pie,conrevestimientointermedio,aislantetérmicoporelinterior,cámarasinventilar.

El subtipo de fachada viene determinado por los siguientes componentes:

LP(11,5-13) + RC + AT + C + LH(5-6) + ENL

La fachada debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$m = 225 \text{ kg/m}^2$ $RA = 49 \text{ dBA}$

La hoja principal de la fachada de doble hoja debe cumplir:

masa (m) = 173 kg/m²

El medio de fijación del revestimiento discontinuo de la fachada es:

Según el grado de ventilación de la cámara de la fachada es:

R_{Atr} mínimo de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador:

38 dBA

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

FACHADA nº



¿Existe recinto protegido colindante con la fachada?

NO Esta fachada no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica, por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.

SI La fachada es una fachada de patio de manzana cerrado o patio interior o fachada exterior en zona o entorno tranquilo, que no va a estar expuesta directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas.

SI NO

El porcentaje de huecos más desfavorable de la fachada, calculado con respecto a la superficie de la fachada medida desde el interior del recinto protegido con mayor tamaño de huecos, es de:
 %

La fachada es del tipo:

El subtipo de fachada viene determinado por los siguientes componentes:

La fachada debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m =$ kg/m^2 $R_A =$ dBA

La hoja principal de la fachada de doble hoja debe cumplir:
 $masa (m) =$ kg/m^2

El medio de fijación del revestimiento discontinuo de la fachada es:

Según el grado de ventilación de la cámara de la fachada es:

R_{Atr} mínimo de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador:
 dBA

CUBIERTA nº 1



¿Existe recinto protegido colindante con la cubierta?


- NO Esta cubierta no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica, por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.
- SI
 - El porcentaje de huecos más desfavorable de la cubierta, calculado con respecto a la superficie de la cubierta medida desde el interior del recinto protegido con mayor tamaño de huecos, es de:
 %
 - La cubierta es del tipo:
 - El subtipo de cubierta viene determinado por los siguientes componentes:
 - La cubierta debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m =$ kg/m^2 $R_A =$ dBA
 - R_{Atr} mínimo de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador:
 dBA

MEDIANERÍA nº 1



¿Existe recinto protegido o habitable colindante con la medianería?

- **NO** Esta medianería no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.
- **SI**
 - La medianería es del tipo:
Doshojas,hojaprincipalde1/2pie,sincámaradeaire,aislantetérmico
 - El subtipo de medianería viene determinado por los siguientes componentes:
LP(11,5-13) + AT + LH(5-6) + ENL
 - La medianería debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
m = kg/m² RA = dBA
 - La hoja principal de la medianería de doble hoja debe cumplir:
masa (m) = kg/m²

 Si la medianería es de dos hojas, las hojas interiores de ésta deben llevar bandas en la base en su unión con el forjado en todos los casos salvo si presentan un RA>42dBA

MURO EN CONTACTO CON TERRENO nº 1



¿Es el muro un elemento de flanco en horizontal entre un recinto protegido y cualquier otro usuario o una zona común?

- **NO** Este muro no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.

SUELO EN CONTACTO CON AIRE EXTERIOR nº 1



¿Este suelo pertenece a algún recinto protegido?

NO Este suelo no tiene que cumplir ninguna exigencia acústica por lo que su diseño estará sujeto a la influencia de otro tipo de requisitos no relacionados con la protección frente al ruido.

**PARTICIONES INTERIORES VERTICALES:
SEPARADORAS ENTRE VIVIENDAS EN PLANTAS INTEREDIAS**



¿Existe recinto protegido colindante con la separadora entre viviendas?

NO

- La separadora entre viviendas es del tipo:
- El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:
- La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{[] kg/m}^2$ $RA = \text{[] dBA}$
- En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{[] kg/m}^2$ $RA = \text{[] dBA}$

SI

- La profundidad perpendicular a la separadora entre viviendas del recinto protegido geoméricamente más desfavorable es de:
 m
- La separadora entre viviendas es del tipo:
- El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

→ La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 144 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 54 \text{ dBA}$$

→ En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

⚠ Los tabiques y hojas interiores de fachadas, medianerías o muros en contacto con el terreno que acometan contra una partición vertical PV02 deberán llevar bandas elásticas en vertical en todos los casos salvo si presentan un $R_A > 42 \text{ dBA}$.

⚠ Los encuentros de las distintas tipologías de pared separadora con el resto de elementos constructivos deberán realizarse según las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.

**PARTICIONES INTERIORES VERTICALES:
SEPARADORAS ENTRE VIVIENDAS Y ZONAS COMUNES**



¿Existe recinto protegido colindante con la separadora entre viviendas y zonas comunes?

NO

→ La separadora entre viviendas y zonas comunes es del tipo:

→ El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

→ La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

→ En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

SI

→ La profundidad perpendicular a la separadora entre viviendas y zonas comunes del recinto protegido geoméricamente más desfavorable es de:

3.21 m

→ La separadora entre viviendas y zonas comunes es del tipo:

Particiones verticales de dos hojas con bandas elásticas perimetrales en ambas hojas.

→ El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 134 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 53 \text{ dBA}$$

En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

**PARTICIONES INTERIORES VERTICALES:
SEPARADORAS ENTRE VIVIENDAS BAJO CUBIERTA**



¿Existe recinto protegido colindante con la separadora entre viviendas?

NO

La separadora entre viviendas bajo cubierta es del tipo:

El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

SI

La profundidad perpendicular a la separadora entre viviendas del recinto protegido geoméricamente más desfavorable es de:

2.5 m

La separadora entre viviendas bajo cubierta es del tipo:

Particiones verticales de dos hojas con bandas elásticas perimetrales en ambas hojas.

El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 144 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 54 \text{ dBA}$$

En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = \text{ } \text{ kg/m}^2 \quad R_A = \text{ } \text{ dBA}$$

**PARTICIONES INTERIORES VERTICALES:
SEPARADORAS ENTRE VIVIENDAS Y ZONAS COMUNES BAJO CUBIERTA**



¿Existe recinto protegido colindante con la separadora entre viviendas y zonas comunes?

NO

La separadora entre viviendas y zonas comunes bajo cubierta es del tipo:

El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{ } \text{kg/m}^2$ $RA = \text{ } \text{dBA}$

En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{ } \text{kg/m}^2$ $RA = \text{ } \text{dBA}$

SI

La profundidad perpendicular a la separadora entre viviendas y zonas comunes del recinto protegido geoméricamente más desfavorable es de:
 m

La separadora entre viviendas y zonas comunes bajo cubierta es del tipo:
 Particiones verticales de dos hojas con bandas elásticas perimetrales en ambas hojas.

El subtipo de separadora viene determinado por los siguientes componentes:

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{ } 134 \text{ } \text{kg/m}^2$ $RA = \text{ } 53 \text{ } \text{dBA}$

En las soluciones PV04 y PV05, la pared base apoyada sin bandas de la separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:
 $m = \text{ } \text{kg/m}^2$ $RA = \text{ } \text{dBA}$

**PARTICIONES INTERIORES VERTICALES:
TABIQUERIA**



La tabiquería es del tipo:

Tabiques

La tabiquería debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 82 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 35 \text{ dBA}$$

El subtipo de tabiquería interior viene determinado por los siguientes componentes:

ENL + LH6 + ENL



Si los tabiques interiores son "PV01 con bandas en la base" deben llevar bandas elásticas en la base en su unión con el forjado. Si los tabiques interiores son "PV01 sin bandas en la base" como presentan un $R_A > 42 \text{ dBA}$ no es necesaria la colocación de bandas elásticas en la base en la unión con el tabique.



Los tabiques interiores que acometan contra una partición vertical PV02 deberán llevar bandas elásticas en vertical en todos los casos salvo si presentan un $R_A > 42 \text{ dBA}$.



Los tabiques interiores se interrumpirán en su encuentro con las particiones verticales (PV03, PV04, PV05) que separan viviendas, viviendas y zonas comunes y entre viviendas y recintos de instalaciones o de actividad. La unión de los tabiques interiores a dichas paredes separadoras se realizará mediante traba o a testa de acuerdo con las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles constructivos de Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.

FORJADOS INTERIORES SIN RECUBRIMIENTO



El forjado sin recubrimiento es del tipo:

Particiones interiores horizontales

El forjado sin recubrimiento debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 372 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 57 \text{ dBA}$$

El subtipo de forjado viene determinado por los siguientes componentes:

P + NM + U25.EH + RF

RECUBRIMIENTOS DE SUELO (SUELO FLOTANTE) Y TECHO (FALSO TECHO): RECINTOS DE VIVIENDAS Y ZONAS COMUNES DE LAS PLANTAS INTERMEDIAS

Recubrimientos de techo:

$$\Delta R_A = 0 \text{ dBA} \quad \Delta L_w = 0 \text{ dB}$$

Recubrimientos de suelo:

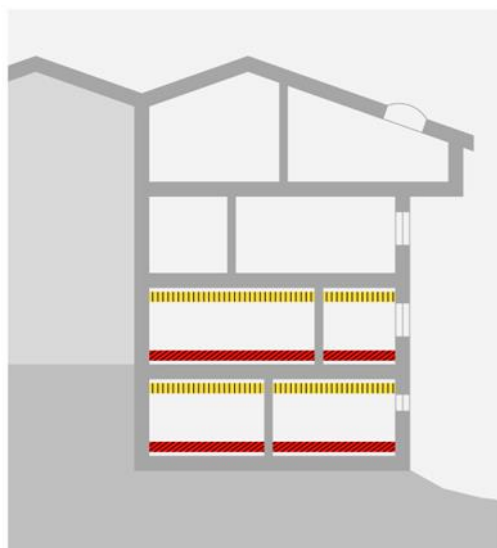
$$\Delta R_A = 14 \text{ dBA} \quad \Delta L_w = 31 \text{ dB}$$



Los datos de las mejoras, ΔR_A y ΔL_w , tendrán que ser justificados por el fabricante del falso techo o del recubrimiento.





Los recubrimientos y falsos techos se colocarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y de acuerdo con las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.




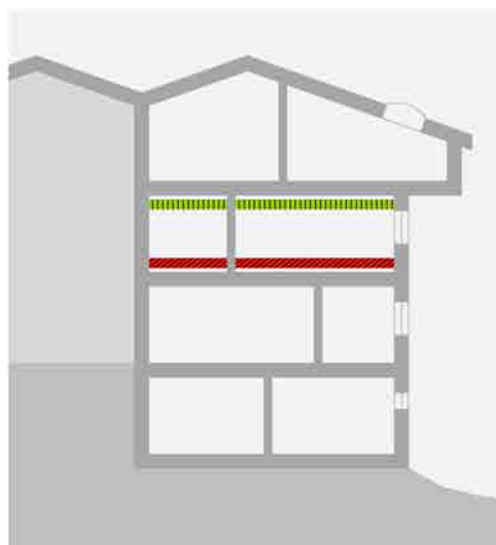
**RECUBRIMIENTOS DE SUELO (SUELO FLOTANTE) Y TECHO (FALSO TECHO):
RECINTOS DE VIVIENDAS Y ZONAS COMUNES INFERIORES AL BAJO CUBIERTA**

 Recubrimientos de techo:
 $\Delta R_A = 0$ dBA $\Delta L_w = 0$ dB


 Recubrimientos de suelo:
 $\Delta R_A = 14$ dBA $\Delta L_w = 31$ dB


 Los datos de las mejoras, ΔR_A y ΔL_w , tendrán que ser justificados por el fabricante del falso techo o del recubrimiento.


 Los recubrimientos y falsos techos se colocarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y de acuerdo con las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.




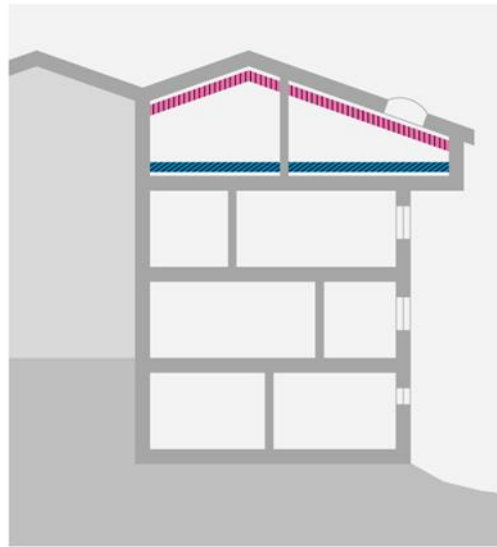
**RECUBRIMIENTOS DE SUELO (SUELO FLOTANTE) Y TECHO (FALSO TECHO):
RECINTOS DE VIVIENDAS Y ZONAS COMUNES BAJO CUBIERTA**

 Recubrimientos de techo:
 $\Delta R_A = 0$ dBA

 Recubrimientos de suelo:
 $\Delta R_A = 14$ dBA $\Delta L_w = 31$ dB

 Los datos de las mejoras, ΔR_A y ΔL_w , tendrán que ser justificados por el fabricante del falso techo o del recubrimiento.

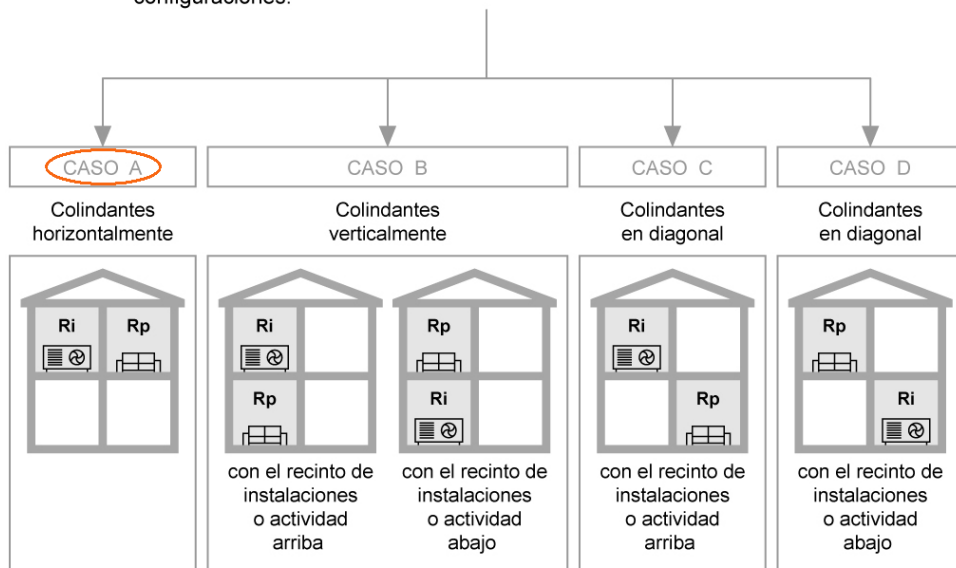
 Los recubrimientos y falsos techos se colocarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y de acuerdo con las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.



RECINTO DE INSTALACIONES O DE ACTIVIDAD n° 1

¿Existe recinto protegido colindante con el recinto de instalaciones o de actividad?

- **NO** El recinto de instalaciones o de actividad se diseñará con los mismos elementos constructivos y recubrimientos que el resto de los recintos del edificio
- **SI** En función de la configuración que tengamos el diseño acústico condicionará unos elementos constructivos u otros.
En aquellos casos en los que haya varios recintos protegidos distintos colindantes con el recinto de instalaciones o de actividad, y que por tanto, se den varias configuraciones distintas, siempre deberán seleccionarse los recubrimientos, falsos techos y trasdosados más desfavorables que resulten del diseño de todas las configuraciones.



EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

El recinto de instalaciones o de actividad está bajo cubierta SI NO

El recinto de instalaciones o de actividad linda con cerramiento de una sola hoja SI NO

La separadora entre viviendas y zonas comunes es del tipo:

Particiones verticales de dos hojas con bandas elásticas perimetrales en una hoja.

El subtipo de separadora entre viviendas viene determinado por los siguientes componentes:

ENL + LP(11,5-13) + AP + LH(5-6) + ENL

La separadora debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 186 \text{ kg/m}^2 \quad RA = 58 \text{ dBA}$$

La pared base apoyada sin bandas debe cumplir unos valores de masa y aislamiento acústico de:

$$m = 134 \text{ kg/m}^2 \quad RA = 42 \text{ dBA}$$

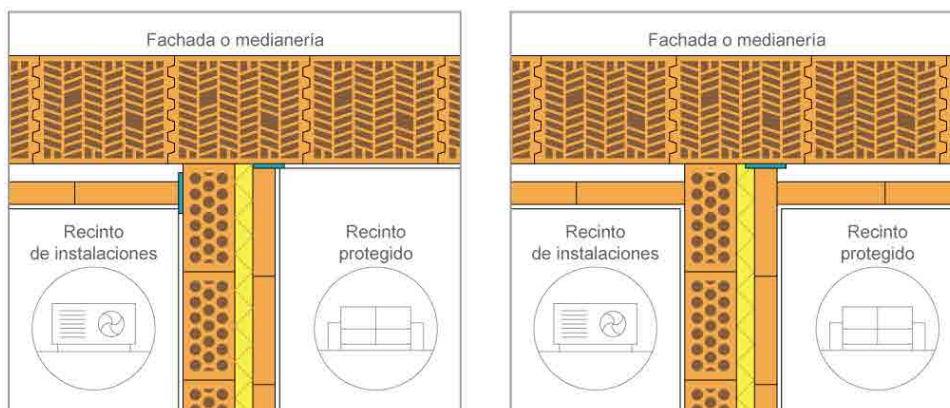
La combinación de recubrimiento de suelo, falso techo y trasdosado de fachada para el recinto protegido y de instalaciones o de actividad es la siguiente:

Recinto de instalaciones o de actividad			Recinto protegido		
ΔRA 14 dBA	ΔRA 8 dBA	NO	ΔRA 14 dBA	ΔRA 0 dBA	NO
ΔLW 31 dB	ΔLW 20 dB		ΔLW 31 dB	ΔLW 0 dB	

Los encuentros de las distintas tipologías de pared separadora con el resto de elementos constructivos (fachadas, pilares, etc.) deberán realizarse según las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.

Los recubrimientos y falsos techos se colocarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y de acuerdo con las disposiciones constructivas definidas en la biblioteca de detalles Silensis y en el Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del CTE.

Si sólo existen trasdosados en el recinto de instalaciones se ejecutarán de manera distinta que si existen trasdosados en el recinto de instalaciones y en el recinto protegido. La ejecución se llevará a cabo en cada caso según los esquemas adjuntos:



INFORME HERRAMIENTA SILENSIS



GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS

AP	Aislamiento de la partición	NM	Capa niveladora de mortero
AT	Aislante térmico	P	Pavimento
B	Barrera de vapor	P	Protección
BC	Bloque cerámico	R	Forjado reticular
C	Cámara de aire sin ventilar	RC	Revestimiento continuo
CD	Capa drenante	RD	Revestimiento discontinuo
CF	Capa filtrante	RE	Revestimiento exterior
CR	Capa de regulación de mortero	R.EA	Forjado reticular con elementos de entrevigado de hormigón aligerado
CS	Capa separadora	R.EC	Forjado reticular con elementos de entrevigado cerámicos
CV	Cámara de aire ventilada	R.EH	Forjado reticular con elementos de entrevigado de hormigón
EA	Elemento de entrevigado de hormigón aligerado	RF	Revestimiento inferior
EC	Elemento de entrevigado cerámico	RI	Revestimiento interior
EH	Elemento de entrevigado de hormigón	RM	Revestimiento intermedio
ENL	Enlucido de yeso	R.SE	Forjado reticular sin elementos de entrevigado
ENF	Enfoscado	SE	Sin elementos de entrevigado
FP	Formación de pendientes	SF	Solado fijo
GR	Grava	SFL	Solado flotante
H	Hormigón armado	SR	Soportes resistentes
HI	Hoja interior	T	Teja cerámica
HP	Hoja principal	TC	Tablero cerámico
H1,2,3	Hojas	TV	Tierra vegetal
I	Impermeabilización	U.EC	Forjado unidireccional con elementos de entrevigado cerámicos
L	Losa alveolar	U.EH	Forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón
LH	Ladrillo hueco	U.EA	Forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón aligerado
LHGF	Ladrillo hueco gran formato		
LM	Ladrillo macizo		
LP	Ladrillo perforado		
MA	Mortero de agarre		

Informe DB HR

Separadoras en planta

Separadora
Caso N°



Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="144"/> RA (dBA) = <input type="text" value="54"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	
Habitable	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="144"/> RA (dBA) = <input type="text" value="54"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	
Zona común siempre que los recintos no compartan puertas o ventanas	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="134"/> RA (dBA) = <input type="text" value="53"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
Zona común siempre que los recintos compartan puertas o ventanas	Protegido	Puerta o ventana		RA = <input type="text" value=""/> ≥ <input type="text" value=""/>
		Muro		RA = <input type="text" value=""/> ≥ <input type="text" value=""/>
De instalaciones 	Protegido	Elemento base ENL + LP(11,5-13) + AP + LH(5-6) + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="186"/> RA (dBA) = <input type="text" value="58"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	
De actividad 	Protegido	Elemento base ENL + LP(11,5-13) + AP + LH(5-6) + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="186"/> RA (dBA) = <input type="text" value="58"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	

Separadoras bajo cubierta

Separadora
Caso N°



Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="144"/> RA (dBA) = <input type="text" value="54"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	
Habitable	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="144"/> RA (dBA) = <input type="text" value="54"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
		Trasdoso <input type="text" value="..."/>	ΔRA (dBA) = <input type="text" value="..."/>	
Zona común siempre que los recintos no compartan puertas o ventanas	Protegido	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = <input type="text" value="134"/> RA (dBA) = <input type="text" value="53"/>	DnTA= <input type="text" value="50"/> ≥ <input type="text" value="50"/>
Zona común siempre que los recintos compartan puertas o ventanas	Protegido	Puerta o ventana		RA = <input type="text" value=""/> ≥ <input type="text" value=""/>
		Muro		RA = <input type="text" value=""/> ≥ <input type="text" value=""/>

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

De instalaciones 	Protegido	Elemento base ---	m (kg/m2) = --- RA (dBA) = ---	DnTA= 55 ≥ 55
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
De actividad 	Protegido	Elemento base ---	m (kg/m2) = --- RA (dBA) = ---	DnTA= 55 ≥ 55
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	

Separadoras en planta

Separadora Caso N°



Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 144 RA (dBA) = 54	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
Habitable	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 144 RA (dBA) = 54	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
Zona común siempre que los recintos no compartan puertas o ventanas	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 134 RA (dBA) = 53	DnTA= 45 ≥ 45
Zona común siempre que los recintos compartan puertas o ventanas	Habitable	Puerta o ventana		RA = <input type="text"/> ≥ <input type="text"/>
		Muro		RA = <input type="text"/> ≥ <input type="text"/>
De instalaciones 	Habitable	Elemento base ENL + LP(11,5-13) + AP + LH(5-6) + ENL	m (kg/m2) = 186 RA (dBA) = 58	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
De actividad 	Habitable	Elemento base ENL + LP(11,5-13) + AP + LH(5-6) + ENL	m (kg/m2) = 186 RA (dBA) = 58	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	

Separadoras bajo cubierta

Separadora Caso N°

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 144 RA (dBA) = 54	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
Habitable	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 144 RA (dBA) = 54	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	
Zona común siempre que los recintos no compartan puertas o ventanas	Habitable	Elemento base ENL + LH6 + AP + LH6 + ENL	m (kg/m2) = 134 RA (dBA) = 53	DnTA= 45 ≥ 45
		Trasdosado ---	ΔRA (dBA) = ---	

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Zona común siempre que los recintos compartan puertas o ventanas	Habitable	Puerta o ventana		RA = <input type="text"/> N <input type="text"/>
		Muro		RA = <input type="text"/> N <input type="text"/>
De instalaciones 	Habitable	Elemento base	m (kg/m2) = <input type="text"/> RA (dBA) = <input type="text"/>	DnTA= <input type="text"/> N <input type="text"/>
		Trasdoso	<input type="text"/> ΔRA (dBA) = <input type="text"/>	
De actividad 	Habitable	Elemento base	m (kg/m2) = <input type="text"/> RA (dBA) = <input type="text"/>	DnTA= <input type="text"/> N <input type="text"/>
		Trasdoso	<input type="text"/> ΔRA (dBA) = <input type="text"/>	

Forjados en planta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Protegido	Forjado	m (kg/m2) = <input type="text"/> 372 RA (dBA) = <input type="text"/> 57 Lnw (dB) = <input type="text"/> 76	DnTA= <input type="text"/> 50 ≥ <input type="text"/> 50
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 14 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 0 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 0	L'nTw= <input type="text"/> 65 ≤ <input type="text"/> 65
Habitable	Protegido	Forjado	m (kg/m2) = <input type="text"/> 372 RA (dBA) = <input type="text"/> 57 Lnw (dB) = <input type="text"/> 76	DnTA= <input type="text"/> 50 ≥ <input type="text"/> 50
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 14 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 0 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 0	L'nTw= <input type="text"/> 65 ≤ <input type="text"/> 65
Zona común	Protegido	Forjado	m (kg/m2) = <input type="text"/> 372 RA (dBA) = <input type="text"/> 57 Lnw (dB) = <input type="text"/> 76	DnTA= <input type="text"/> 50 ≥ <input type="text"/> 50
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 14 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 0 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 0	L'nTw= <input type="text"/> 65 ≤ <input type="text"/> 65




Forjados bajo cubierta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Protegido	Forjado	m (kg/m2) = <input type="text"/> 372 RA (dBA) = <input type="text"/> 57 Lnw (dB) = <input type="text"/> 76	DnTA= <input type="text"/> 50 ≥ <input type="text"/> 50
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 14 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = <input type="text"/> 0 ΔLw (dB) = <input type="text"/> 0	L'nTw= <input type="text"/> 65 ≤ <input type="text"/> 65

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Habitable	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 50 ≥ 50
		P + NM + U25.EH + RF	RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	L'nTw= 65 ≤ 65
			ΔLw (dB) = 0	
Zona común	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 50 ≥ 50
		P + NM + U25.EH + RF	RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	L'nTw= 65 ≤ 65
			ΔLw (dB) = 0	

Forjados en planta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
De instalaciones 	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 55 ≥ 55
		P + NM + U25.EH + RF	RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante recinto protegido	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido recinto protegido	ΔRA (dBA) = 8	L'nTw= 60 ≤ 60
			ΔLw (dB) = 20	
		Suelo flotante recinto de instalaciones	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido recinto de instalaciones	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	
De instalaciones 	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 55 ≥ 55
		P + NM + U25.EH + RF	RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante recinto superior	ΔRA (dBA) = ---	
			ΔLw (dB) = ---	
		Techo suspendido recinto inferior	ΔRA (dBA) = ---	L'nTw= 60 ≤ 60
			ΔLw (dB) = ---	
De actividad 	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 55 ≥ 55
		P + NM + U25.EH + RF	RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante recinto protegido	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido recinto protegido	ΔRA (dBA) = 8	L'nTw= 60 ≤ 60
			ΔLw (dB) = 20	
		Suelo flotante recinto de actividad	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido recinto de actividad	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

	De actividad	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = <input type="text" value="372"/> RA (dBA) = <input type="text" value="57"/> Lnw (dB) = <input type="text" value="76"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
				P + NM + U25.EH + RF	
				Suelo flotante recinto superior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
			Techo suspendido recinto inferior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	L'nTw= <input type="text" value="60"/> ≤ <input type="text" value="60"/>	

Forjados bajo cubierta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto	
	De instalaciones	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = <input type="text" value="372"/> RA (dBA) = <input type="text" value="57"/> Lnw (dB) = <input type="text" value="76"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
				P + NM + U25.EH + RF	
				Suelo flotante recinto protegido ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
				Techo suspendido recinto protegido ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	L'nTw= <input type="text" value="60"/> ≤ <input type="text" value="60"/>
				Suelo flotante recinto de instalaciones ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
			Techo suspendido recinto de instalaciones ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>		
	De instalaciones	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = <input type="text" value="372"/> RA (dBA) = <input type="text" value="57"/> Lnw (dB) = <input type="text" value="76"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
				P + NM + U25.EH + RF	
				Suelo flotante recinto superior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
				Techo suspendido recinto inferior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	L'nTw= <input type="text" value="60"/> ≤ <input type="text" value="60"/>
	De actividad	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = <input type="text" value="372"/> RA (dBA) = <input type="text" value="57"/> Lnw (dB) = <input type="text" value="76"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
				P + NM + U25.EH + RF	
				Suelo flotante recinto protegido ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
				Techo suspendido recinto protegido ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	L'nTw= <input type="text" value="60"/> ≤ <input type="text" value="60"/>
				Suelo flotante recinto de actividad ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
			Techo suspendido recinto de actividad ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>		
	De actividad	Protegido	Forjado	m (kg/m ²) = <input type="text" value="372"/> RA (dBA) = <input type="text" value="57"/> Lnw (dB) = <input type="text" value="76"/>	DnTA= <input type="text" value="55"/> ≥ <input type="text" value="55"/>
				P + NM + U25.EH + RF	
				Suelo flotante recinto superior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	
				Techo suspendido recinto inferior ΔRA (dBA) = <input type="text" value="---"/> ΔLw (dB) = <input type="text" value="---"/>	L'nTw= <input type="text" value="60"/> ≤ <input type="text" value="60"/>





Forjados en planta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Habitable	Forjado P + NM + U25.EH + RF	m (kg/m2) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	
Habitable	Habitable	Forjado P + NM + U25.EH + RF	m (kg/m2) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	
Zona común	Habitable	Forjado P + NM + U25.EH + RF	m (kg/m2) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	





Forjados bajo cubierta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Protegido	Habitable	Forjado P + NM + U2S.EH + RF	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	
Habitable	Habitable	Forjado P + NM + U2S.EH + RF	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	
Zona común	Habitable	Forjado P + NM + U2S.EH + RF	m (kg/m ²) = 372	DnTA= 45 ≥ 45
			RA (dBA) = 57	
			Lnw (dB) = 76	
		Suelo flotante	ΔRA (dBA) = 14	
			ΔLw (dB) = 31	
		Techo suspendido	ΔRA (dBA) = 0	
			ΔLw (dB) = 0	

Forjados en planta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
De instalaciones 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_nTA = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 14$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 31$	
		Techo suspendido recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 8$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 20$	
		Suelo flotante recinto de instalaciones	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 14$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 31$	
		Techo suspendido recinto de instalaciones	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 0$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 0$	
De instalaciones 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_nTA = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto superior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto inferior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = \dots$	
De actividad 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_nTA = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 14$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 31$	
		Techo suspendido recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 8$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 20$	
		Suelo flotante recinto de actividad	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 14$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 31$	
		Techo suspendido recinto de actividad	$\Delta RA \text{ (dBA)} = 0$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = 0$	
De actividad 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_nTA = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto superior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto inferior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta L_w \text{ (dB)} = \dots$	

Forjados bajo cubierta

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico exigido en proyecto
De instalaciones 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_{nTA} = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Suelo flotante recinto de instalaciones	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto de instalaciones	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
De instalaciones 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_{nTA} = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto superior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto inferior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
De actividad 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_{nTA} = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto habitable	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Suelo flotante recinto de actividad	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto de actividad	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
De actividad 	Habitable	Forjado	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = 372$ $RA \text{ (dBA)} = 57$ $L_{nw} \text{ (dB)} = 76$	$D_{nTA} = 45 \geq 45$
		P + NM + U25.EH + RF		
		Suelo flotante recinto superior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	
		Techo suspendido recinto inferior	$\Delta RA \text{ (dBA)} = \dots$ $\Delta Lw \text{ (dB)} = \dots$	

Medianerías

Medianería Caso Nº

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Exterior	Cualquiera	Medianería	$LP(11,5-13) + AT + LH(5-6) + ENL$ $D_{2m,nT,Atr} = 40 \geq 40$

Fachadas

Fachada
Caso Nº

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Ld = <input type="text" value="67"/>	Protegido	Parte ciega <input type="text" value="LP(11,5-13) + RC + AT + C + LH(5-6) + ENL"/>	D2m,nT,Atr = <input type="text" value="37"/> ≥ <input type="text" value="37"/>
		Huecos <input type="text"/>	

Fachadas

Fachada
Caso Nº

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Ld = <input type="text" value="67"/>	Protegido	Parte ciega <input type="text" value="LP(11,5-13) + RC + AT + C + LH(5-6) + ENL"/>	D2m,nT,Atr = <input type="text" value="37"/> ≥ <input type="text" value="37"/>
		Huecos <input type="text"/>	

Fachadas

Fachada
Caso Nº

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Ld = <input type="text" value="67"/>	Protegido	Parte ciega <input type="text" value="LP(11,5-13) + RC + AT + C + LH(5-6) + ENL"/>	D2m,nT,Atr = <input type="text" value="30"/> ≥ <input type="text" value="30"/>
		Huecos <input type="text"/>	

Cubierta

Cubierta
Caso Nº

Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico exigido en proyecto
Ld = <input type="text" value="67"/>	Protegido	Parte ciega <input type="text" value="SF + MA + (CS) + I + (CS) + AT + (B) + FP + U25.EH + RF"/>	D2m,nT,Atr = <input type="text" value="37"/> ≥ <input type="text" value="37"/>
		Huecos <input type="text"/>	

A partir de esta información, las soluciones específicas se extrajeron del Catálogo de elementos constructivos del CTE.

Anexo 3: Encuesta

Viabilidad económica de las nuevas técnicas de aislamiento acústico (Prueba piloto)

Buenos días/tardes, somos investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, estamos estudiando la disposición a pagar por mejorar el aislamiento acústico de las viviendas. ¿Podría dedicarnos unos minutos? solo le haremos 16 preguntas totalmente anónimas y con fines académicos.

1. ¿Cree que el ruido es perjudicial para la salud?

SÍ	NO	NS/NC

2. ¿Cómo considera el entorno acústico de su vivienda?

Nada ruidoso	Poco ruidoso	Ruidoso	Muy ruidoso	Excesivamente ruidoso	NS/NC

3. En el interior de su vivienda ¿qué tan molesto es el ruido que proviene de la calle?

Nada molesto	Poco molesto	Molesto	Muy molesto	Excesivamente molesto	NS/NC

4. ¿Cuáles son las principales fuentes de ruido que percibe en el interior de su vivienda?

Fuente	Nada molesta	Poco molesta	Molesta	Muy molesta	Excesivamente molesta	NS/NC
Vehículos motorizados						
Bares y discotecas						
Ruido producido por los vecinos*						
Aglomeraciones de personas**						
Talleres e industrias						
Instalaciones del edificio***						
Otras						
Indicar cuáles						

*Televisión, voces, música, pisadas, etc. **Colegios, parques, personas en la calle, etc.***Bajantes, calderas, ascensores, etc.

5. Si pudiese elegir una vivienda ¿qué importancia le daría al nivel de aislamiento acústico de la misma?

Ninguna	Poca	Mediana	Mucha	Muchísima	NS/NC

6. Extracción de la DAP

La vivienda nueva en Sant Martí tiene las siguientes características (enseñar ficha, describir: a) programa arquitectónico, b) el nivel de acabados y c) precio de alquiler mensual).

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Con el uso de nuevos sistemas constructivos se podría mejorar el aislamiento acústico y reducir el ruido que se percibe desde la calle. Suponiendo que alquilara una vivienda como la descrita ¿cuánto más estaría dispuesto/a a pagar en el alquiler mensual por vivir en la vivienda mejor aislada contra el ruido?
 _____ euros/mes.

7. En caso de que la respuesta sea negativa

¿Podría indicar cuál es el motivo por el que no está dispuesto a pagar más?

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. No percibo diferencias entre las viviendas mostradas | <input type="checkbox"/> |
| 2. No lo considero importante | <input type="checkbox"/> |
| 3. No estoy interesado en la reducción del ruido | <input type="checkbox"/> |
| 4. Ya pago demasiado por la vivienda | <input type="checkbox"/> |
| 5. El cambio ofrecido es insuficiente | <input type="checkbox"/> |
| 6. El ruido no puede ser controlado por ese medio | <input type="checkbox"/> |
| 7. Estoy dispuesto a pagar otra cantidad (especificar cantidad) | <input type="checkbox"/> |
| 8. Otras (describir) _____ | <input type="checkbox"/> |
| 9. NS/NC | <input type="checkbox"/> |

8. Como usted sabe, en la actualidad el Ayuntamiento de Barcelona está redactando el programa de actuación municipal en el que la ciudadanía fija las prioridades de mejora de la ciudad. En una escala de 1 a 10 ¿qué importancia le daría a las actuaciones encaminadas a reducir el nivel de ruido en los espacios públicos?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

9. Por favor indique el nivel de estudios que ha terminado

Nivel de estudios	
Sin estudios	
Primaria	
Secundaria o ESO	
Bachillerato o formación profesional	
Primer ciclo universitario o diplomatura	
Segundo ciclo universitario o licenciatura	
Tercer ciclo universitario (máster o doctorado)	

10. ¿Cuál es su situación laboral actual?

Situación profesional	
Estudiante	
Ocupado (pasa a pregunta 11)	
Parado	
Pensionado o jubilado	
Otras (describir)	

11. Sólo si está ocupado ¿En qué grupo ocupacional se encuentra?

- | | |
|--|--------------------------|
| Directivo | <input type="checkbox"/> |
| Profesional superior, científico o intelectual | <input type="checkbox"/> |
| Profesional medio o técnico | <input type="checkbox"/> |
| Administrativo | <input type="checkbox"/> |
| Dependiente, trabajador de servicios de restauración, personales, de seguridad | <input type="checkbox"/> |
| Trabajador cualificado de la industria manufacturera, la construcción | <input type="checkbox"/> |
| Operador de maquinaria y equipos | <input type="checkbox"/> |
| Trabajador no cualificado | <input type="checkbox"/> |

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

12. En qué barrio vive (si no sabe el barrio preguntar por el distrito)

13. ¿Actualmente vive de alquiler o en propiedad?

Régimen de tenencia	
Propiedad	
Alquiler	
Otras (describir)	

14. ¿Ha realizado, o piensa realizar, alguna obra en su vivienda para aislarla del ruido procedente del exterior de la finca?

Sí
No

¿Qué obra?

15. Por favor indique el rango en que se ubica se edad

Rango (años)	Hasta 24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	>75

16. Finalmente ¿Podría señalar el rango en que se encuentra el ingreso neto mensual en su hogar?

Le recuerdo que la investigación sólo tiene fines académicos, por lo que agradecería su respuesta pues proporcionaría información muy valiosa para nuestros propósitos.

Nivel de ingresos netos mensuales en el hogar	
1. Menos de 600	
2. Entre 601 y 1.200	
3. Entre 1.201 y 1.800	
4. Entre 1.801 y 2.400	
5. Entre 2.401 y 3.000	
6. Entre 3.001 y 3.600	
7. Entre 3.601 y 4.200	
8. Entre 4.201 y 4.800	
9. Más de 4800	
10. NS/NC	

Anotar el sexo Mujer _____ Hombre _____

Gracias por su tiempo y la información que nos ha proporcionado.

Tipo de encuesta: PRUEBA-Pregunta abierta
 Encuestador/a: _____
 Clave de la encuesta: _____
 Lugar de aplicación: _____

- Superficie aproximada de 80 m²
- Tres habitaciones
- Fachada de obra vista
- Carpintería exterior de aluminio lacado
- Pavimentos cerámicos y parquet
- Pintura plástica lisa en paredes y techos
- Posible ubicación: Barrio de Poble nou, en el distrito de Sant Martí
- Alquiler mensual aproximado: 1100 €/mes (14 €/m²)



Preguntas de valoración para los distintos tipos de encuesta según el rango y la oferta de salida

Encuesta A_1

Según nuestras estimaciones la mejora en el aislamiento tendría un sobrecoste que se podría reflejar en un incremento de 5 a 17 euros al mes en los precios de alquiler.

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda ¿estaría dispuesto/a a pagar 5 euros al mes de más por la vivienda mejor aislada?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es afirmativa: ¿Y 17 euros más al mes?

Encuesta A_2

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda ¿estaría dispuesto/a a pagar 17 euros al mes de más por la vivienda mejor aislada?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es afirmativa: ¿Y 5 euros más al mes?

Encuesta B_1

Según nuestras estimaciones la mejora en el aislamiento tendría un sobrecoste que se podría reflejar en un incremento de 11 a 23 euros al mes en los precios de alquiler.

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda ¿estaría dispuesto/a a pagar 11 euros al mes de más por la vivienda mejor aislada?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es afirmativa: ¿Y 23 euros más al mes?

Encuesta B_2

En el supuesto de que usted alquilase la vivienda ¿estaría dispuesto/a a pagar 23 euros al mes de más por la vivienda mejor aislada?

SI: _____ NO: _____

Si la respuesta es afirmativa: ¿Y 11 euros más al mes?

Versión en catalán

Viabilitat econòmica de les noves tècniques d'aïllament acústic.

Bon/a dia/tarda, som investigadors de la Universitat Politècnica de Catalunya, estem valorant la satisfacció que produeixen les millores en l'aïllament acústic dels habitatges. ¿Podria dedicar-nos uns minuts? Només li farem 16 preguntes totalment anònimes i amb finalitats acadèmiques.

1. ¿Creu que el soroll és perjudicial per a la salut?

SÍ	NO	NS/NC

2. ¿Com considera el nivell de soroll del seu carrer?

Gens sorollós	Poc sorollós	Sorollós	Molt sorollós	Excessivament sorollós	NS/NC

3. Quan vostè està dins del seu habitatge, amb les finestres tancades, ¿com és de molest el soroll que prové del carrer?

Gens molest	Poc molest	Molest	Molt molest	Excessivament molest	NS/NC

4. Quan vostè està dins del seu habitatge, amb les finestres tancades, ¿com són de molestes les següents fonts de soroll?

Font	Gens	Poc	Mitjanament	Molt	Excessivament	NS/NC
Vehicles motoritzats						
Bars i discoteques						
Soroll produït pels veïns*						
Aglomeracions de persones**						
Tallers i indústries						
Instal·lacions de l'edifici***						
Altres						
Indicar quines						

*Televisió, veus, música, passes, etc. **Escoles, parcs, persones al carrer, etc. ***Baixants, calderes, ascensors, etc.

5. Si pogués escollir un habitatge ¿Quina importància li donaria al nivell d'aïllament acústic d'aquest?

Cap	Poca	Mitjana	Molta	Moltíssima	NS/NC

6. Extracció de la DAP

Amb l'ús de nous sistemes constructius es podria millorar el nivell d'aïllament i reduir el soroll que es percep dins del seu habitatge, amb independència que aquest provingui del carrer o dels veïns. Tot seguit escoltareu dues gravacions fetes dins d'un habitatge de recent construcció estant les finestres tancades.

- Se li posen els audiòfons i es diu: "aquesta primera gravació s'ha fet dins d'un habitatge aïllat convencionalment". Es reproduïx el primer enregistrament, i en acabar es diu:
- "Aquesta segona gravació s'ha fet dins d'un altre habitatge igual a l'anterior, però millor aïllat". Es reproduïx la segona gravació.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

Segons les nostres estimacions la millora en l'aïllament tindria un sobre cost que es podria reflectir en un increment de 5 a 17 euros al mes en els preus de lloguer.

En el cas que vostè llogués l'habitatge ¿ estaria disposat/da a pagar 5 euros al mes de més per l'habitatge millor aïllat?

SI: _____ NO: _____

Si la resposta es afirmativa, ¿i 17 euros més al mes?

SI: _____ NO: _____

7. En cas que la resposta sigui negativa, ¿Podria indicar quin és el motiu pel qual no està disposat a pagar més?

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. No percebo diferències entre els habitatges presentats | <input type="checkbox"/> |
| 2. No ho considero important | <input type="checkbox"/> |
| 3. No estic interessat en la reducció del soroll | <input type="checkbox"/> |
| 4. Ja pago massa per l'habitatge | <input type="checkbox"/> |
| 5. El canvi ofert és insuficient | <input type="checkbox"/> |
| 6. El soroll no pot ser controlat per aquest mitjà | <input type="checkbox"/> |
| 7. Estic disposat a pagar una altra quantitat (especificar quantitat) | <input type="checkbox"/> |
| 8. Altres(descriure) _____ | <input type="checkbox"/> |
| 9. NS/NC | <input type="checkbox"/> |

8. En una escala d'1 a 10, ¿quina importància donaria a les actuacions encaminades a reduir el nivell de soroll als espais públics?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

9. Si us plau, indiqui el nivell d'estudis que ha finalitzat

Nivell d'estudis	
Sense estudis	
Primària	
Secundària o ESO	
Bàtxillerat o formació professional	
Primer cicle universitari o diplomatura	
Segon cicle universitari o llicenciatura	
Terçer cicle universitari (màster o doctorat)	

10. ¿Quina és la seva situació laboral actual?

Situació professional	
Estudiant	
Ocupat (passa a pregunta 11)	
Aturat	
Pensionista o jubilat	
Altres (descriure)	

11. Només si està ocupat, ¿quina es la seva feina? _____

- | | |
|---|--------------------------|
| Directiu | <input type="checkbox"/> |
| Professional superior, científic o intel·lectual | <input type="checkbox"/> |
| Professional mig o tècnic | <input type="checkbox"/> |
| Administratiu | <input type="checkbox"/> |
| Dependent, treballador de serveis de restauració, personals, de seguretat | <input type="checkbox"/> |
| Treballador qualificat de la indústria manufacturera, la construcció | <input type="checkbox"/> |
| Operador de maquinaria i equips | <input type="checkbox"/> |

**EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO
ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA**

Treballador no qualificat
 No aplica

12. ¿Quin és el seu codi postal? (si no coneix el codi postal, preguntar el barri o el districte)

13. ¿Actualment viu de lloguer o en propietat?

Règim de tinença	
Propietat	
Lloguer	
Altres (descriure)	

14. ¿Ha realitzat, o té previst realitzar, alguna obra al seu habitatge per aïllar-lo del soroll provinent de l'exterior de la finca?

Sí

No

¿Quin tipus d'obra?

15. Por favor indiqui el rang d'edat en el que s'ubica

Rang (anys)	Fins a 24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	>75

16. Finalment ¿Podria assenyalar el rang d'ingressos net mensual en el que es troba la seva llar?

Li recordo que la investigació té finalitat exclusivament acadèmica, pel que agrairia la seva resposta, ja que proporcionaria informació molt valuosa per als nostres propòsits.

Nivell d'ingressos nets mensuals a la llar	
11. Menys de 600	
12. Entre 601 i 1.200	
13. Entre 1.201 i 1.800	
14. Entre 1.801 i 2.400	
15. Entre 2.401 i 3.000	
16. Entre 3.001 i 3.600	
17. Entre 3.601 i 4.200	
18. Entre 4.201 i 4.800	
19. Més de 4800	
20. NS/NC	

Anotar el sexe Dona _____ Home _____

Gràcies pel seu temps i la informació que ens ha proporcionat.

Tipus d'enquesta

A_1

Enquestador/a:

Clau de l'enquesta:

Lloc de l'aplicació:

**Anexo 4: Análisis y predicción del comportamiento acústico al ruido
de tráfico de fachadas típicas de obra vista**

dBplus consultores acústicos
Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



dBplus consultores acústicos

ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO AL RUIDO DE TRÁFICO DE FACHADAS TÍPICAS DE OBRA VISTA

Barcelona, Mayo 2012

Informe núm. IDB25051201 rev.1



dBplus acoustic advisors, S.L.
Muntaner 572, entlo 3a
08022 Barcelona

Peticionario: José Manuel Romo
Técnico: Carles X. Pons Prieto / Josep Martí Carceller



dBplus acoustic advisors s.l. - muntaner 572, entlo 3a - 08022 Barcelona - 932546239 - NIF B-64501158

ÍNDICE:

1.- Objeto.....	3
2.- Obtención de un espectro de tráfico representativo.....	4
3.- Determinación del aislamiento al ruido aéreo de fachadas.....	8
3.1.- Norma Básica de la Edificación – NBE.....	8
3.2.- Código Técnico de la Edificación – CTE.....	11
3.3.- Representatividad de los resultados como elemento de valoración.....	14
4.- Obtención de los archivos de audio.....	15
5.1.- Anexo 1: Medidas de ruido de tráfico. Formato gráfico.....	19
5.2.- Anexo 2: Certificados de verificación metrológica del equipo.....	21
5.3.- Anexo 3: Relación de archivos de audio entregados.....	23

1. OBJETO

Este informe tiene como objeto apoyar en materia de aislamiento acústico a la Tesis Doctoral "EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA" realizada por JOSE MANUEL ROMO. En él se describe el proceso seguido para obtener archivos de audio que reflejen la percepción del ruido de tráfico en una estancia modelo de la edificación en Barcelona, en función del rendimiento acústico de fachadas tipo, de acuerdo a lo exigido en las normas *Norma Básica de la Edificación* y *Código Técnico de la Edificación DB-HR*.

El documento está realizado por:

Carles X. Pons Prieto
Ingeniero de Telecomunicaciones
Nº de Colegiado: 11459 – COETTC

Josep Martí Carceller
Ingeniero de Telecomunicaciones
Nº de Colegiado: 12244 – COETTC

Barcelona, Mayo de 2012



Peticionario:

JOSE MANUEL ROMO

Normativa aplicable:

Norma Básica de la Edificación – NBE AE 88

Código Técnico de la Edificación – Documento Básico contra el Ruido DB-HR

UNE EN ISO 1996-2: Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

UNE EN ISO 717-1: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Aislamiento al ruido aéreo.

UNE EN ISO 1793-3: Características intrínsecas: espectro normalizado de tráfico de carreteras para determinaciones y ensayos acústicos.

Procedimiento:

El procedimiento utilizado para obtener los archivos de audio necesarios y que sigue este informe es el que se describe a continuación:

- **Obtención de un espectro de tráfico representativo:** Obtención, mediante mediciones sonométricas y grabación sonora, de un ruido de tráfico representativo de la ciudad de Barcelona.
- **Cálculo del aislamiento acústico de fachadas:** Cálculo, mediante software de predicción, del aislamiento acústico de fachadas representativas de la edificación típica en Barcelona. Se obtendrá el aislamiento acústico, por bandas de frecuencia, de dos fachadas, una representativa de la *Norma Básica de la Edificación* y de otra del *Código Técnico de la Edificación – Documento Básico contra el Ruido*.
- **Creación de archivos de audio:** A partir del espectro de tráfico medido y del aislamiento de fachada calculado, se filtrará digitalmente el ruido de tráfico grabado para obtener dos archivos de audio que representen la percepción subjetiva que tendría un usuario de una vivienda representativa de las citadas normas de la edificación.

2. OBTENCIÓN DE UN ESPECTRO DE TRÁFICO REPRESENTATIVO

A continuación se detalla el proceso seguido en las mediciones de ruido de tráfico, realizadas de acuerdo al procedimiento especificado en la norma *UNE EN ISO 1996-2*. Las características de las medidas se describen a continuación:

Equipo de medida:

El equipo de medida utilizado cumple con las verificaciones periódicas y con los criterios establecidos en la *Orden Ministerial, del 16 de Diciembre de 1998, del Ministerio de Fomento (BOE. 311 de 29/12/1998)* y la *Orden del 30 de Junio de 1999, del Departamento de Industria, Comercio y Turismo (DOG 2928, de 12/07/1999)*. Se pueden consultar los certificados de verificación del equipo utilizado en los anexos de este documento.

- Sonómetro Brüel&Kjaer 2250 – Nº de serie 2579757
- Micrófono Brüel&Kjaer 4189 – Nº de serie 2578599
- Calibrador Brüel&Kjaer 4231 – Nº de serie 2583271

El equipo ha sido calibrado con resultado satisfactorio al inicio y al final de las mediciones.

- Calibración inicial (1Khz, 94dB): 93,9 dB
- Calibración final (1Khz, 94dB): 93,9 dB

dBplus consultores acústicos
Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



Ubicación y posiciones de micrófono:

Las medidas de ruido de tráfico se han realizado en la C/ Córcega 433 principal, Barcelona, por ser una ubicación representativa del tráfico habitual de la ciudad. El micrófono se ha colocado en 2 balcones orientados a la Calle Córcega, a una altura aproximada a 4 metros sobre la acera, tal y como se indica en la siguiente figura:



Figura 2.1: Ubicación de las posiciones de medida

De acuerdo al mapa de ruido del municipio de Barcelona, la ubicación escogida se encuentra en una zona geográfica con un nivel L_{day} comprendido entre 65 y 70 dB(A). Las medidas se han realizado en ambiente exterior, con las puertas de los balcones abiertas, sobre el plano del cristal.

Resultado de las medidas:

Se han tomado dos medidas en cada balcón, de una duración aproximada de 10 minutos cada una, obteniendo el registro continuo del ruido de tráfico de la C/ Córcega durante 40 minutos, entre las 18:32h y 19:33h del 16 de Marzo de 2012. Durante las medidas se ha grabado simultáneamente el ruido percibido en formato .WAV con una frecuencia de muestreo de 48000Hz y 16 bits.

Se ha medido, para cada posición de micrófono, el nivel de presión sonora continuo equivalente, por bandas de tercio de octava de 20Hz a 20000Hz y en valor global, sin ponderar y ponderado A, con constante de integración *Fast*. Además, se ha tomado el registro del nivel de presión sonora cada segundo, por bandas de tercio de octava de 20Hz a 20000Hz y en valor global, sin ponderar y ponderado A, con constante de integración *Fast*.

Adicionalmente, también se han medido parámetros descriptivos del ruido ambiental, tales como los percentiles L5, L10, L50, L90 y L95 o los valores LCpeak, LAleq y LCEq.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del nivel de presión sonora continuo equivalente, en valor global, para cada una de las mediciones:



Medida	Inicio	Duración (T)	Posición	L _{Aeq,T}
1	18:32	12'20"	Balcón izquierdo	64,8 dB(A)
2	18:46	9'08"	Balcón izquierdo	66,9 dB(A)
3	19:05	10'17"	Balcón derecho	66,7 dB(A)
4	19:22	10'49"	Balcón derecho	64,7 dB(A)

Tabla 2.1: Nivel de presión sonora continuo equivalente, en valor global, de las medidas

Tras el análisis de las mediciones, se ha seleccionado la **medida nº 3** como la más representativa del ruido de tráfico del municipio y, por consiguiente, será la medida utilizada para obtener la muestra de audio que se evaluará conjuntamente al aislamiento al ruido aéreo de las fachadas seleccionadas.

En las siguientes figuras se presenta el resultado de la medida de ruido de tráfico nº 3:

- Evolución temporal del registro, tomado cada segundo, del nivel de presión sonora ponderado A en valor global, así como su nivel de presión sonora continuo equivalente en valor global para todo el tiempo de medición y los percentiles L10 y L90.
- Espectro, por bandas de tercio de octava de 20Hz a 20000Hz, del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para todo el tiempo de medición y su valor global, en formato gráfico y tabulado.

Se pueden consultar el resultado de todas las mediciones en los anexos de este documento.

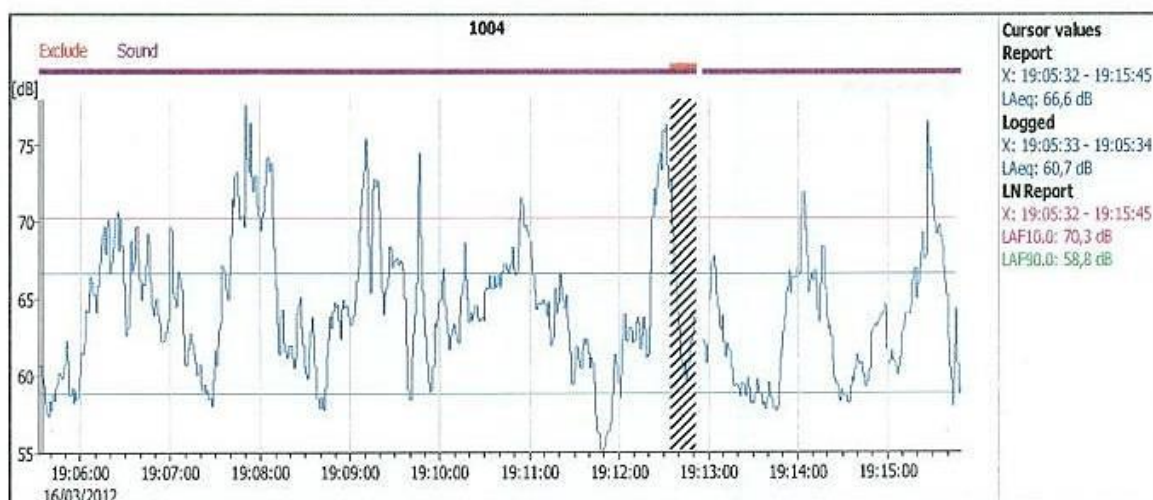


Figura 2.2: Evolución temporal de la medida nº 3, L_{Aeq,T} (azul), L10 (rojo) y L90 (verde)

dBplus consultores acústicos

Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



Figura 2.3: LAeq,T, de 20 a 2000Hz y en valor global, medida nº 3, formato gráfico

Frecuencia (Hz)	LAeq,T medida 3	Frecuencia (Hz)	LAeq,T medida 3
20	6,3	800	56,4
25	19,2	1000	57,5
31,5	29,6	1250	58,1
40	33,3	1600	56,4
50	40,1	2000	56,0
63	43,7	2500	54,2
80	46,7	3150	52,0
100	47,3	4000	49,0
125	49,3	5000	45,8
160	50,7	6300	42,6
200	49,8	8000	38,9
250	50,8	10000	32,7
315	53,6	12500	28,9
400	53,9	16000	20,4
500	54,5	20000	10,4
630	54,6	GLOBAL	66,7 dB(A)

Tabla 2.2: LAeq,T, de 20 a 2000Hz y en valor global, medida nº 3, formato tabulado

Para garantizar que el ruido de tráfico medido se corresponde a un ruido de tráfico habitual y normalizado y que, por consiguiente, es representativo para este estudio de aislamiento de fachadas, se procede a comparar la medida con el espectro de ruido de tráfico ponderado A utilizado en las normativas de aplicación. Para ello, se procede a normalizar el espectro de las medidas realizadas a un valor global de 0dB, y comparar el resultado con el espectro proporcionado por las normas:

- UNE EN ISO 717-1: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Aislamiento al ruido aéreo.
- UNE EN ISO 1793-3: Características intrínsecas: espectro normalizado de tráfico de carreteras para determinaciones y ensayos acústicos.



dBplus consultores acústicos

Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



A continuación se muestran los espectros del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, por bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz (*UNE EN ISO 717*), para la medida nº 3 normalizada a un valor global de 0dB. También se adjunta el espectro normalizado de tráfico ponderado A proporcionado por las normas indicadas, en formato gráfico y tabulado:

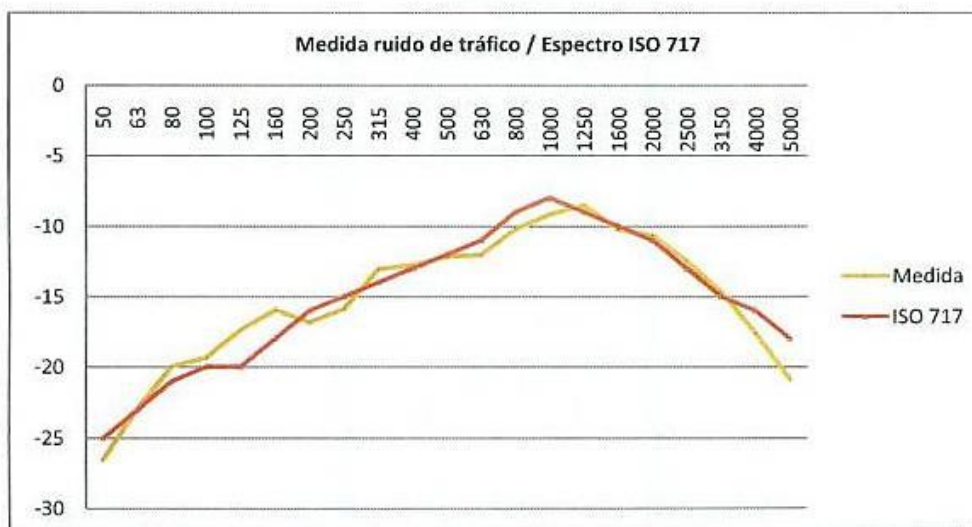


Figura 2.4: Comparativa LAeq,T, medida nº 2 y espectro de tráfico ISO 717, formato gráfico

Frecuencia (Hz)	LAeq,T (0dB)	ISO 717	Frecuencia (Hz)	LAeq,T (0dB)	ISO 717
50	-27	-25	630	-12	-11
63	-23	-23	800	-10	-9
80	-20	-21	1000	-9	-8
100	-19	-20	1250	-9	-9
125	-17	-20	1600	-10	-10
160	-16	-18	2000	-11	-11
200	-17	-16	2500	-12	-13
250	-16	-15	3150	-15	-15
315	-13	-14	4000	-18	-16
400	-13	-13	5000	-21	-18
500	-12	-12	GLOBAL	0 dB(A)	0 dB(A)

Tabla 2.3: Comparativa LAeq,T, medida nº 2 y espectro de tráfico ISO 717, formato tabulado

A partir de los resultados obtenidos en la medida nº 3, se determina que:

- Su nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, en valor global, coincide dentro del intervalo de L_{day} indicado en el mapa de ruido de Barcelona ($65 < L_{day} < 70$).
- Los espectros normalizados a 0dB de nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, por bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz, muestran una buena correlación con el espectro de tráfico propuesto en las normas *UNE EN ISO 717-1* y *UNE EN ISO 1793-3*, asumiendo el intervalo de incertidumbre asociado a las medidas de ruido ambiental en ambiente exterior.



Por consiguiente, se valida la medida nº 3 como representativa de un ruido de tráfico habitual en una zona de ruido con un valor L_{day} comprendido entre 65 y 70 dB(A), y se utilizará la grabación correspondiente para obtener los archivos de audio necesarios para evaluar el aislamiento de fachadas normalizadas según NBE y CTE.

3. DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO DE FACHADAS

A continuación se procede a determinar el aislamiento acústico al ruido aéreo de las fachadas a evaluar según las normas de aplicación NBE 88 y CTE DB HR. Dado que dichas normas proporcionan los valores de aislamiento al ruido aéreo en valor global, y que para obtener los archivos de audio se requiere el aislamiento por bandas de frecuencia, se utilizará software de predicción basado en la Ley de masas y Ley de masas corregida para obtener dichos valores. El procedimiento seguido se indica a continuación:

3.1 NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN – NBE 88

La fachada seleccionada como representativa de la edificación en Barcelona, de acuerdo a la norma NBE 88, es la siguiente:

Fachadas (art.13º)	Parte ciega			Ventanas			sv	$a_c - a_g$	Aislamiento acústico global a ruido aéreo	
	sc	mc	ac	sv	e	av			a_g en dBA	
	m ²	Kg/m ²	dBA	m ²	mm	dBA	sc+sv	dBA	Proyect.	Exigido
Obra vista de ½ pie ladrillo cerámico métrico, cámara de aislamiento térmico y placa de cartón yeso (C-011) con ventanas clase A-2 vidrio 4+4	602.8	215	44	197.6	4+4	27	800.5	11.2	32.8	≥ 30

Tabla 3.1.1: Fachada representativa de la NBE 88

Para obtener el aislamiento al ruido aéreo por bandas de frecuencia de la fachada propuesta, se procede a calcular, mediante software de predicción (Ley de masas y Ley de masas corregida), el aislamiento de la parte ciega y del acristalamiento de forma independiente. De acuerdo a las normas UNE EN ISO 140-5 y UNE EN ISO 717-1, el aislamiento al ruido aéreo se ha calculado para el espectro extendido de bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz. A continuación se describen las soluciones constructivas evaluadas y el aislamiento obtenido para cada una de ellas.

- **Parte ciega:** Ladrillo cerámico de medio pie, cámara de aislamiento térmico y placa de yeso laminado de 11mm.
- **Acristalamiento:** Vidrio simple 4+4mm con carpintería clase A2.

dBplus consultores acústicos

Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



Características de materiales considerados:

Material	fc (Hz)	kg/m ²	Amortiguación	Fuente
Ladrillo 1/2 pie	270	160	0.02	LMC
PYL 11mm	2900	9,35	0.03	LMC
Cristal 4mm	3400	10	0.04	LMC

Tabla 3.1.2: Características físicas de los materiales considerados

Aislamiento obtenido:

Frecuencia	Parte ciega	Ventanas	Frecuencia	Parte ciega	Ventanas
50	31,5	7,9	800	44,3	28,3
63	32,5	9,5	1000	46,1	29,8
80	34,5	11,2	1250	49,0	31,1
100	35,6	12,9	1600	51,7	32,2
125	36,6	14,5	2000	53,5	32,6
160	36,7	16,4	2500	56,2	31,5
200	36,0	18,0	3150	58,2	28,6
250	30,6	19,7	4000	61,2	30,0
315	31,6	21,5	5000	63,3	34,3
400	35,9	23,3			
500	38,8	24,9	RWA solución	43 dB(A)	28 dB(A)
630	41,4	26,6	Previsión NBE	Ac = 44 dB(A)	Av = 27 dB(A)

Tabla 3.1.3: Aislamiento acústico al ruido aéreo – parte ciega y acristalamiento

Una vez obtenidos los aislamientos de la parte ciega y del acristalamiento, se procede a calcular el aislamiento mixto combinado para la fachada completa descrita, considerando, de acuerdo a la norma NBE, un 24,7% de acristalamiento:

- Superficie parte ciega: 603 m²
- Superficie acristalamiento: 198 m²

Aislamiento obtenido para la fachada mixta de la NBE:

Frecuencia	Aislamiento fachada NBE	Frecuencia	Aislamiento fachada NBE
50	14,0	800	33,7
63	16,0	1000	35,7
80	17,0	1250	36,9
100	19,0	1600	37,9
125	21,0	2000	39,0
160	22,0	2500	38,0
200	23,9	3150	35,1
250	25,1	4000	36,1
315	26,1	5000	40,1
400	28,5		
500	30,6	RWA solución	33,5 dB(A)
630	32,6	Previsión NBE	ag = 32,8 dB(A)

Tabla 3.1.4: Aislamiento acústico al ruido aéreo – Fachada NBE



El parámetro utilizado por la NBE para evaluar el aislamiento al ruido aéreo de fachadas es el, valor medido en laboratorio para elementos constructivos heterogéneos (a_g en dBA). No obstante y dado que este parámetro de evaluación no es de aplicación en las herramientas de cálculo del aislamiento acústico, el parámetro utilizado para la predicción es el índice de aislamiento al ruido aéreo para ruido rosa ponderado A, ($R_{w,A}$ en dBA). Dado que estos valores son teóricos (medidos en laboratorio o predichos analíticamente) es de esperar una disminución del aislamiento una vez instalada la solución constructiva. No obstante, para independizar los resultados de la ejecución y para evaluar únicamente el rendimiento de la norma, como objeto de este estudio se considera que el aislamiento previsto será igual al instalado, pudiendo evaluar de este modo el rendimiento de las fachadas cuando se cumplen in situ los valores exigidos por la normativa.

Existe cierta desviación entre los valores de aislamiento previstos por la Norma Básica de la Edificación y los valores calculados de acuerdo a la Ley de Masas y Ley de Masas Corregida, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Fachada NBE	
Valor previsto:	$a_g = 32,8$ dB(A)
Valor calculado:	$R_{w,A} = 33,5$ dB (A)
Desviación:	0,7 dB (A)

Tabla 3.1.5: Desviación entre valores de aislamiento previstos y calculados - NBE

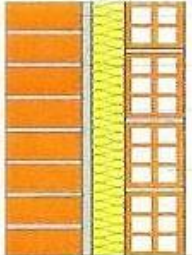
La desviación entre el valor predicho por la norma y el valor calculado, ambos en valor global, es menor a 1 decibelio, por lo que se valida el espectro de aislamiento de fachada calculado como representativo de la solución constructiva propuesta como representativa de la Norma Básica de la Edificación.

3.2 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN - CTE DB HR

La fachada seleccionada como representativa de la edificación en Barcelona, de acuerdo al Código Técnico de la Edificación, es la siguiente:

Fachada de pared de obra de fábrica de ladrillo cerámico perforado, de caravista, de 11,5cm de espesor, con barrera de resistencia muy alta a la filtración (B3) formada por revestimiento continuo intermedio y aislamiento térmico. Trasdosado autoportante de obra de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm de espesor, y con revestimiento interior de guarnecido de yeso

DB HR - Ruido		
$R_{\Delta, \min}$	50	dB(A)
$R_{A, \text{tr} \min}$	47	dB(A)
m_{\min}	247	kg/m ²
$R_{\Delta, \text{med}}$	50	dB(A)
$R_{A, \text{tr} \text{med}}$	47	dB(A)
m_{med}	271	kg/m



LC
RM
AT
LH
RI

Leyenda	
RI	Revestimiento interior
LC	Fábrica de ladrillo cerámico
RM	Revestimiento intermedio
C	Cámara de aire
LH	Fabrica ladrillo cerámico hueco
AT	Aislante

Figura 3.2.1: Fachada representativa del Código Técnico de la Edificación

dBplus consultores acústicos

Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



La fachada seleccionada como representativa del CTE sólo especifica la solución constructiva de la parte ciega y no de los huecos. Como acristalamiento representativo de este tipo de construcción, se ha seleccionado un cristal simple más un doble laminado, con cámara entre ellos, tal y como se especifica más adelante en este apartado.

Para obtener el aislamiento al ruido aéreo por bandas de frecuencia de la fachada propuesta, se procede a calcular, mediante software de predicción (Ley de masas y Ley de masas corregida), el aislamiento de la parte ciega y del acristalamiento de forma independiente. De acuerdo a las normas UNE EN ISO 140-5 y UNE EN ISO 717-1, el aislamiento al ruido aéreo se ha calculado para el espectro extendido de bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz. A continuación se describen las soluciones constructivas evaluadas y el aislamiento obtenido para cada una de ellas.

- **Parte ciega:** Ladrillo cerámico perforado de 11,5cm de espesor, revestimiento continuo intermedio y aislamiento térmico de 50mm de espesor. Trasdoso autoportante de ladrillo cerámico hueco doble de 7cm, con revestimiento interior en yeso.
- **Acristalamiento:** Cristal doble laminado 4+4mm, cámara de 6mm, cristal simple de 4mm.

Características de materiales considerados:

Material	fc (Hz)	kg/m ²	Amortiguación	Fuente
Ladrillo cerámico 11	182	165	0.02	URSA
Ladrillo hueco 7	400	102	0.02	URSA
Cristal 4+4/6/4	3475	20	0.04	St. Gobain

Tabla 3.2.1: Características físicas de los materiales considerados

Aislamiento obtenido:

Frecuencia	Parte ciega	Ventanas	Frecuencia	Parte ciega	Ventanas
50	40	18	800	47	28
63	40	20	1000	53	30
80	40	21	1250	57	31
100	40	23	1600	61	32
125	38	25	2000	65	33
160	39	26	2500	65	32
200	39	28	3150	61	29
250	41	30	4000	65	30
315	40	31	5000	75	34
400	43	33	Rw,A solución	50 dB(A)	41 dB(A)
500	45	37	Rw,Atr solución	46,2 dB(A)	33,4 dB(A)
630	47	43	Previsión CTE	Rw,Atr=47 dB(A)	x

Tabla 3.2.2: Aislamiento acústico al ruido aéreo – parte ciega y acristalamiento



Una vez obtenidos los aislamientos de la parte ciega y del acristalamiento, se procede a calcular el aislamiento mixto combinado para la fachada descrita, considerando, de acuerdo una estancia modelo para el edificio considerado según el Código Técnico de la Edificación, un 27% de acristalamiento:

- Superficie parte ciega: 3,9 m²
- Superficie acristalamiento: 1,5 m²

Aislamiento obtenido para la fachada mixta del CTE:

Frecuencia	Aislamiento fachada CTE	Frecuencia	Aislamiento fachada CTE
50	24,7	800	50,1
63	26,6	1000	54,2
80	27,6	1250	56,7
100	29,5	1600	59,0
125	31,2	2000	57,4
160	32,2	2500	59,3
200	33,9	3150	61,4
250	35,9	4000	63,0
315	36,5	5000	63,5
400	38,7	Rw,A solución	45 dB(A)
500	42,3	Rw,Atr solución	40 dB(A)
630	46,7	Previsión CTE	x

Tabla 3.2.3: Aislamiento acústico al ruido aéreo – Fachada CTE

El parámetro utilizado por el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE para evaluar el aislamiento al ruido aéreo de fachadas es el índice de aislamiento acústico al ruido aéreo respecto al ruido de tráfico ponderado A ($R_{w,Atr}$ en $dB(A)$). El parámetro obtenido mediante el software de predicción es el mismo, de este modo la comparación entre valores de aislamiento es directa. Dado que estos valores son teóricos (predichos analíticamente) es de esperar una disminución del aislamiento una vez instalada la solución constructiva. No obstante, para independizar los resultados de la ejecución y para evaluar únicamente el rendimiento de la norma, como objeto de este estudio se considera que el aislamiento previsto será igual al instalado, pudiendo evaluar de este modo el rendimiento de las fachadas cuando se cumplen in situ los valores exigidos por la normativa.

Existe cierta desviación entre los valores de aislamiento previstos por el Código Técnico de la Edificación y los valores calculados de acuerdo a la Ley de Masas y Ley de Masas Corregida, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Parte ciega fachada CTE DB-HR	
Valor previsto:	$R_{w,Atr} = 47 \text{ dB(A)}$
Valor calculado:	$R_{w,Atr} = 46,2 \text{ dB(A)}$
Desviación:	0,8 dB (A)

Tabla 3.2.4: Desviación entre valores de aislamiento previstos y calculados - CTE

La desviación entre el valor predicho por la norma y el valor calculado, ambos en valor global, es menor a 1 decibelio, por lo que se valida el espectro de aislamiento calculado de la parte ciega de fachada como representativo de la solución constructiva propuesta como representativa del *Código Técnico de la Edificación*.

No obstante, debido al modo en como el *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE proporciona los datos de dichos elementos, los valores obtenidos y comparados representan únicamente la parte ciega de la fachada, y no incluyen la influencia del acristalamiento. Por consiguiente, el valor utilizado para la validación de los datos obtenidos no contempla el porcentaje de huecos del elemento constructivo. Para obtener un valor de acuerdo al CTE de la fachada completa, hubiese sido necesario utilizar la herramienta de cálculo general que proporciona la norma para obtener las fichas de cumplimiento y, para ello, se hubiese tenido que definir con exactitud un recinto interior, unas particiones interiores y unas uniones entre elementos constructivos particulares, situación que hubiese sido válida únicamente para una configuración concreta de una edificación.

3.3 REPRESENTATIVIDAD DE LOS RESULTADOS COMO ELEMENTO DE VALORACIÓN

La intención de este proyecto es valorar, mediante la obtención de archivos de audio representativos, la mejoría en el aislamiento al ruido aéreo que representa el *Código Técnico de la Edificación* respecto a la norma anterior *Norma Básica de la Edificación*. Por ello, se pretende comparar los valores mínimos exigidos por cada norma, los cuales son:

- NBE: Valor mínimo de aislamiento al ruido aéreo exigido en fachada: $a_g \geq 30 \text{ dBA}$. Valor medido en laboratorio para elementos constructivos heterogéneos.
- CTE: Valor mínimo de aislamiento al ruido aéreo respecto a ruido de tráfico ponderado A exigido en fachada, medido in situ. Para un nivel de ruido de tráfico de $65 \leq L_d \leq 70$: $D_{2m,nT,Atr} \geq 37 \text{ dBA}$.

El parámetro utilizado por la NBE es medido en laboratorio y el utilizado por el CTE medido in situ, por lo que, tal y como se ha comentado anteriormente, para comparar el rendimiento de las normas, es necesario considerar que la ejecución de la fachada se ha realizado de forma correcta y considerar que los valores obtenidos se cumplirán in situ.

Los valores obtenidos para las fachadas seleccionadas son sensiblemente superiores a los valores mínimos exigidos por las normas evaluadas, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

NBE	CTE
Valor mínimo norma: $a_g \geq 30 \text{ dB(A)}$	Valor mínimo norma: $D_{2m,nT,Atr} \geq 37 \text{ dB(A)}$
Valor obtenido fachada: $R_{w,A} = 33,5 \text{ dB(A)}$	Valor obtenido fachada: $R_{w,Atr} = 40 \text{ dB(A)}$

Tabla 3.2.5: Valores calculados y valores mínimos exigidos

Sin embargo, la diferencia entre dichos valores sigue manteniéndose alrededor de los 7 decibelios, por lo que la valoración subjetiva de los archivos de audio generados reflejará la mejoría en el rendimiento de las fachadas cuando se cumplen los valores mínimos exigidos.

Es necesario remarcar que la diferencia de aislamiento real entre ambas fachadas puede ser mayor a 7 decibelios, ya que los valores exigidos por la norma no son directamente comparables. Mientras el valor de aislamiento predicho para la *NBE* se obtiene respecto a un ruido rosa ponderado A, el valor del *CTE* es respecto a un ruido de tráfico ponderado A. El espectro de ruido de tráfico ponderado A contiene más energía sonora en las bajas frecuencias, por lo que el valor de aislamiento global es generalmente menor que el referenciado a ruido rosa ponderado A. Por consiguiente, la diferencia percibida en los archivos de audio puede ser mayor a la diferencia de 7 decibelios correspondiente a los mínimos exigidos, pero reflejará correctamente la mejoría de aislamiento acústico en fachadas respecto a las normas evaluadas.

4. OBTENCIÓN DE LOS ARCHIVOS DE AUDIO

A continuación, se describe el proceso seguido para obtener las muestras de audio que representan la percepción del ruido de tráfico en una estancia con las fachadas descritas en el apartado anterior.

1.- Obtención de una muestra de audio de corta duración

Tal y como se ha comentado en el *Apartado 2*, la medida de audio seleccionada es la número 3. La grabación ha sido realizada con un sonómetro *Bruel&Kjaer 2250*, en formato *.WAV*, frecuencia de muestreo de 48.000Hz y 16 bits. Sobre esta medida de 10 minutos de duración, se ha obtenido una muestra de ruido de tráfico de 30 segundos de duración. En la siguiente figura se indica el tramo de audio seleccionado, que corresponde al periodo temporal entre las 19:07:40 y las 19:08:10 de la medida nº 3:

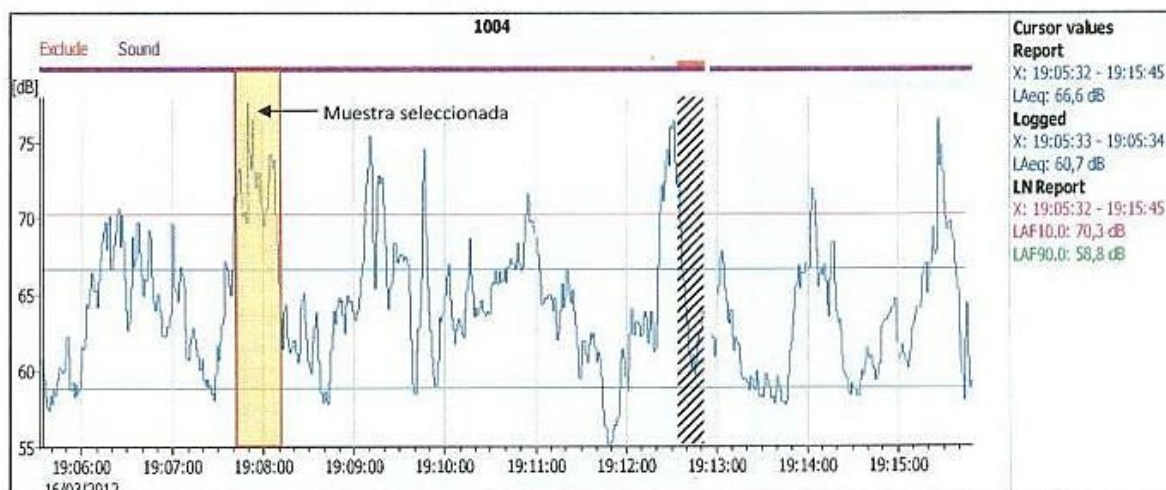


Figura 4.1: Muestra de audio seleccionada 30"

A partir de los 30 segundos de muestra seleccionados y de los aislamientos de fachada obtenidos, se procede a filtrar digitalmente la señal para obtener archivos de audio que representen la percepción que tendría un oyente para el ruido de tráfico existente en una estancia con una fachada de características iguales a las tratadas en *Apartado 3*. Se ha generado un archivo para representar la fachada tipo de la norma *NBE* y otro para la fachada tipo del *CTE DB-HR*.

2.- Normalización de la muestra de audio seleccionada

Para obtener el máximo nivel de señal sin saturar el audio, se ha normalizado digitalmente la muestra seleccionada. Con este proceso se consigue que el audio resultante tenga una mejor relación señal ruido y que el oyente final lo pueda percibir a un volumen adecuado.

3.- Filtrado digital según aislamiento acústico de la fachada tipo NBE

A partir de la muestra de 30 segundos normalizada, se ha procedido a filtrar el archivo de audio de acuerdo al aislamiento obtenido en el *Apartado 3.1*. El filtrado se ha realizado con un ecualizador de amplio espectro por bandas de tercio de octava, de acuerdo al aislamiento calculado. Debido al alto aislamiento de las fachadas, el archivo de audio obtenido presentaba un nivel de señal muy bajo e inadecuado para la percepción por parte del oyente final. Por consiguiente, se ha procedido a normalizar el audio obtenido con la intención de aumentar la relación señal ruido y la percepción del sonido generado. El archivo de audio generado es representativo de cómo se percibiría el ruido de tráfico en una estancia con la fachada tipo según NBE, pero, dado que se ha normalizado digitalmente, no será comparable en volumen al archivo de tráfico medido originalmente.

4.- Filtrado digital del audio según NBE para obtener el audio según aislamiento acústico fachada CTE

Dado que el aislamiento acústico de la fachada según *CTE* es mayor al de la norma *NBE*, se ha procedido a filtrar digitalmente la señal de audio obtenida según *NBE* y descrita en el párrafo anterior. El filtrado realizado corresponde a la diferencia de aislamiento entre la fachada *CTE* y *NBE*. El filtrado se ha realizado con un ecualizador de amplio espectro por bandas de tercio de octava, de acuerdo al aislamiento calculado en el *Apartado 3.2*. El archivo de audio generado es representativo de cómo se percibiría el ruido de tráfico en una estancia con la fachada tipo según *CTE* y es comparable con el archivo de audio obtenido según la fachada *NBE* (presentando el archivo *CTE* un volumen obviamente menor). Sin embargo, aunque estos dos archivos son totalmente comparables entre si y representan el ruido de tráfico en dos estancias con las fachadas descritas, no se pueden relacionar a nivel de volumen con la medida de tráfico original, ya que para obtener niveles adecuados ha sido necesario normalizar la muestra obtenida para la *NBE*. Es importante resaltar que, para que la percepción del oyente final sea representativa del comportamiento de las fachadas evaluadas, el oyente no puede escuchar la muestra de tráfico original y no se puede alterar el volumen del dispositivo reproductor cuando se escucha la muestra según *NBE* y según *CTE*.

5.- Consideraciones en la obtención de archivos de audio

Comportamiento del aislamiento de fachadas en el espectro ampliado

El estudio del aislamiento acústico de elementos constructivos se centra en las bandas de frecuencia comprendidas entre 50Hz y 5.000Hz, de acuerdo a lo que indican las normas *UNE EN ISO* relacionadas. Sin embargo, la percepción del sistema auditivo humano recoge el ancho de banda comprendido entre 20Hz y 20.000Hz. Por consiguiente ha sido necesario predecir el aislamiento de las fachadas en frecuencias que quedan fuera del ancho de banda considerado por las normas y el software de predicción. A continuación se describen las acciones realizadas para extender los espectros de aislamiento:

- Extensión por alta frecuencia ($5.000\text{Hz} < f < 20.000\text{Hz}$): A partir de la frecuencia crítica de los materiales que conforman las soluciones evaluadas se ha considerado comportamiento según la predicción por software hasta una frecuencia máxima de 5.000Hz. A partir de esta banda se ha considerado el cumplimiento la *Ley de masas corregida* (+10dB por octava) hasta llegar a la frecuencia de densidad de los distintos materiales. Esta frecuencia de densidad típicamente queda fuera de la zona del espectro que se estudia en el aislamiento acústico, pero, para generar archivos de audio representativos, ha sido necesario contemplarla en los cálculos. A partir de la frecuencia de densidad la transmisión de ruido se genera por ondas de densidad que cruzan los elementos constructivos, y se ha considerado que desde esta frecuencia hasta los 20.000Hz se vuelve a cumplir la *Ley de masas* (+6dB por octava).
- Extensión por baja frecuencia ($20\text{Hz} < f < 50\text{Hz}$): A muy baja frecuencia el aislamiento de elementos heterogéneos, como las fachadas estudiadas, es difícil de predecir. Además, la sensibilidad del sistema auditivo a estas frecuencias es mucho menor que a media-alta frecuencia, de acuerdo a las curvas isofónicas de percepción de un oyente estándar. Por consiguiente, se ha generado un filtrado digital paso-alto de los archivos de audio con una frecuencia de corte de 25 Hz, recortando las bandas de frecuencia hasta los 50Hz de acuerdo a la *Ley de masas* con el filtro digital superpuesto.

Posición simulada de escucha de los archivos generados

El filtrado de los archivos de audio se ha realizado de acuerdo a los valores de aislamiento obtenidos contemplando las fachadas completas (incluyendo parte ciega y acristalamientos). Es necesario tener en cuenta que cuando percibimos el ruido de tráfico en una estancia y nos encontramos cerca de una ventana (p.ej. durmiendo bajo ella) el ruido percibido no se puede relacionar con el aislamiento de la fachada completa, sino que tiene mayor correlación con el aislamiento que ofrece la ventana, que acostumbra a ser el elemento más débil. Por consiguiente, los archivos de audio generados reflejan la percepción que tendría un oyente que percibe el ruido de tráfico en una posición de la estancia interior en la cual exista influencia del aislamiento de la fachada completa, es decir, en una posición suficientemente alejada de los elementos débiles como para que las ventanas no supongan la vía preponderante de transmisión (típicamente, en una posición con algunos metros de separación respecto a la línea de fachada).

Ruido de fondo en el recinto receptor

Se debe asumir que el ruido de fondo en el recinto receptor debido a razones ajenas al tráfico no es comparable al ruido de fondo provocado por el tráfico. Si la fuente preponderante de molestia en el recinto receptor es distinta al tráfico, la percepción de mejora del aislamiento puede llegar a ser imperceptible. Por consiguiente, los archivos de audio obtenidos reflejan la percepción de un oyente únicamente en aquellas estancias donde el ruido percibido tiene como origen dominante el ruido de tráfico.

Tiempo de reverberación en el recinto receptor

El nivel de presión sonora percibido por el oyente en el recinto receptor depende del tiempo de reverberación del recinto. Así, un recinto vivo incrementará el nivel percibido, debido a las reflexiones que en él se generan. Por consiguiente, para independizar el audio generado del volumen y absorción del recinto, se considerará que el tiempo de reverberación en el recinto protegido tiende a 0,5s, de modo que el valor R' tiende al DnT . Además, se ha comprobado en estudios que para dormitorios pequeños y totalmente amueblados el tiempo de reverberación tiende a este valor, de ahí la normalización del parámetro DnT en las normas *UNE EN ISO 140*.

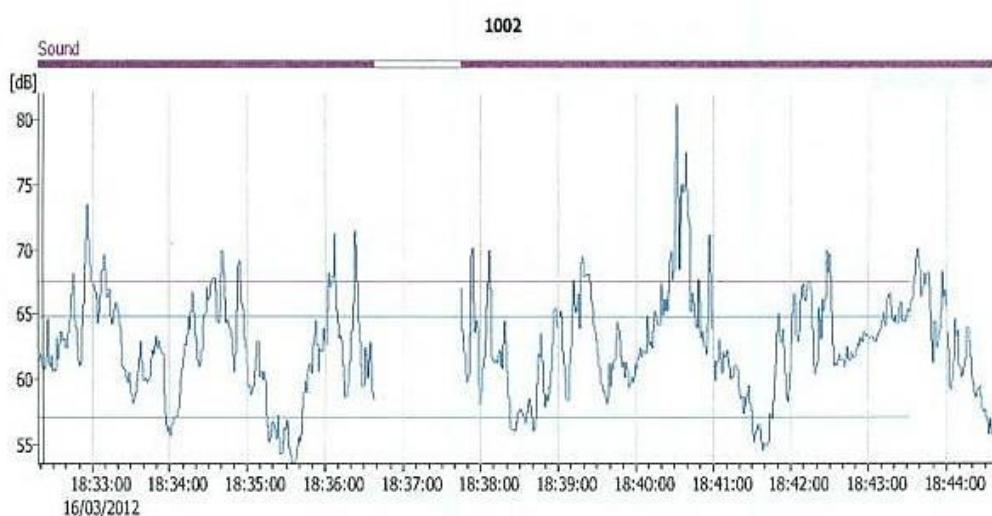
Formato de archivos entregados

Aunque el audio original grabado está en formato mono, debido al sistema de grabación del sonómetro, para la creación de los archivos finales se ha generado un formato estéreo, manteniendo la frecuencia de muestreo de 48.000Hz y 16 bits, en formato .WAV PCM. Los archivos se entregarán en una memoria USB, para evitar la pérdida de calidad que supondría la copia a formato CD (muestreo a 44.100Hz). Se puede consultar la relación de archivos de audio entregados en el *Anexo 3* de este documento.

5. ANEXOS

5.1 ANEXO 1 – MEDIDAS DE RUIDO DE TRÁFICO

Medida número 1



Cursor values

Report

X: 18:32:18 - 18:43:32
LAeq: 64,8 dB

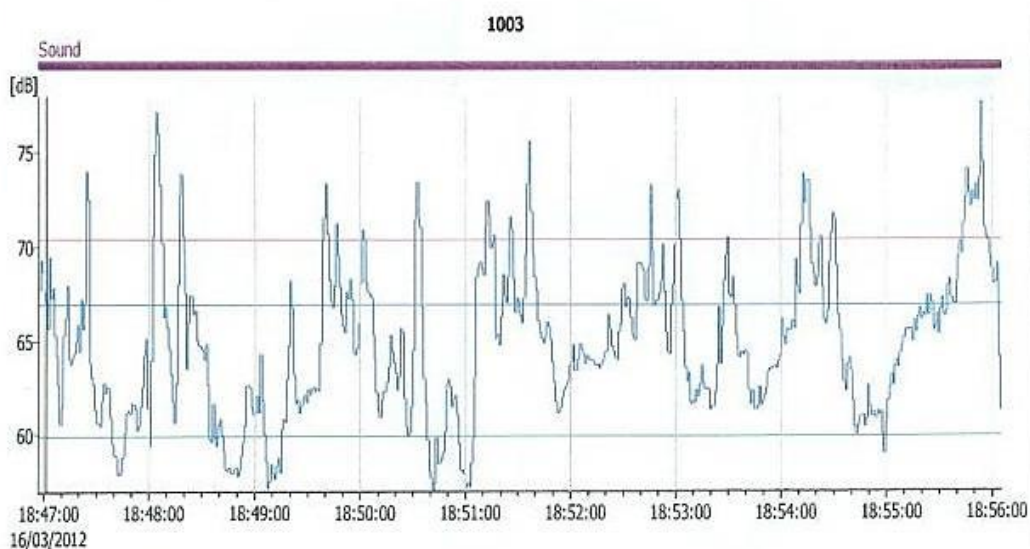
Logged

X: 18:44:37 - 18:44:38
LAeq: 56,0 dB

LN Report

X: 18:32:18 - 18:43:32
LAF10.0: 67,5 dB
LAF90.0: 57,1 dB

Medida número 2



Cursor values

Report

X: 18:46:57 - 18:56:05
LAeq: 65,9 dB

Logged

X: 18:47:02 - 18:47:03
LAeq: 65,6 dB

LN Report

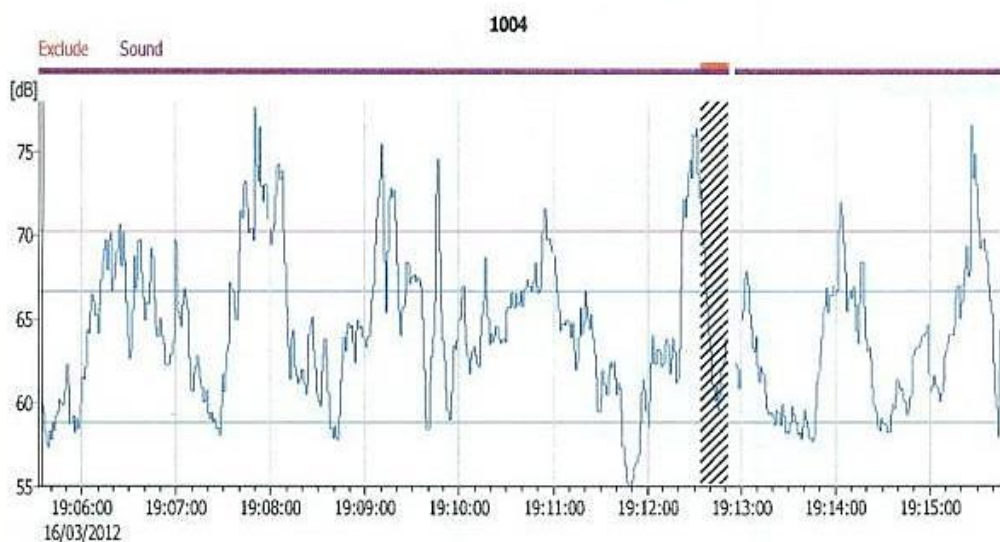
X: 18:46:57 - 18:56:05
LAF10.0: 70,3 dB
LAF90.0: 59,9 dB

EVALUACIÓN DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL MERCADO RESIDENCIAL DE NUEVA PLANTA EN BARCELONA

dBplus consultores acústicos
Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo

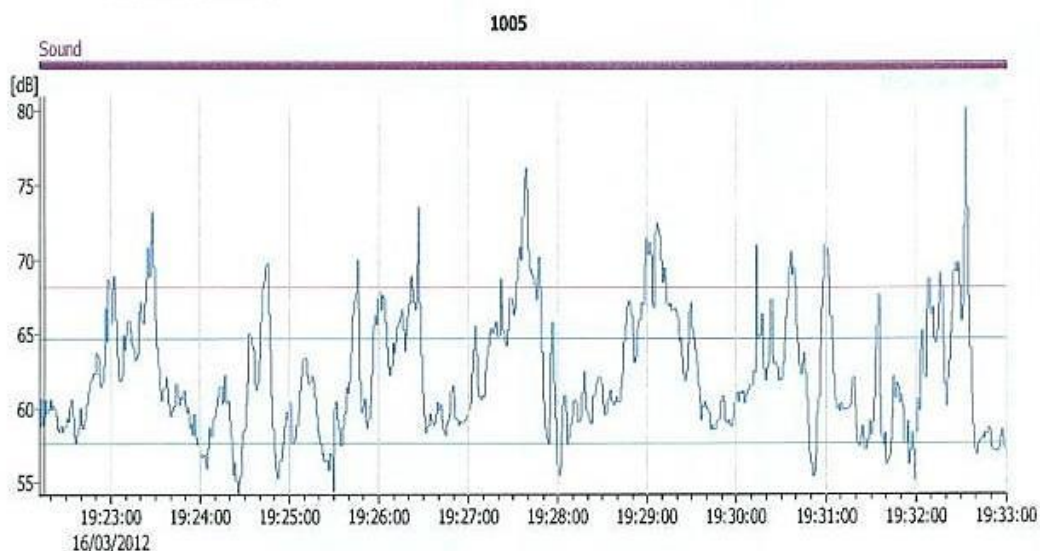


Medida número 3



Cursor values
Report
X: 19:05:32 - 19:15:45
LAeq: 66,6 dB
Logged
X: 19:05:33 - 19:05:34
LAeq: 60,7 dB
LN Report
X: 19:05:32 - 19:15:45
LAF10.0: 70,3 dB
LAF90.0: 58,8 dB

Medida número 4



Cursor values
Report
X: 19:22:12 - 19:33:01
LAeq: 64,7 dB
Logged
X: 19:22:15 - 19:22:16
LAeq: 59,4 dB
LN Report
X: 19:22:12 - 19:33:01
LAF10.0: 68,2 dB
LAF90.0: 57,7 dB



dBplus acoustic advisors s.l. · muntaner 572, entlo 3a · 08027 Barcelona · 932546289 · NIF B-64501158

dBplus consultores acústicos
Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Romo



5.2 ANEXO 2 – CERTIFICADOS DE VERIFICACIÓN METROLÓGICA DEL EQUIPO



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN PRIMITIVA

Número 11/34517734
Página 1 de 1

LSA Technological Center S.A.
Organismo de Control Metrológico 02-OC-001
Campus UAB
08193 Bellaterra
T. +34 93 587 20 50
F. +34 93 587 20 03
metrologia@appluscorp.com
www.applus.com

INSTRUMENTO	CALIBRADOR ACÚSTICO	
SOLICITANTE	DBPLUS ACOUSTIC ADVISORS, S.L.	
DIRECCIÓN	C/ MUNTANER, 572 ENTLO. 3ª 08022 BARCELONA (BARCELONA)	
TIPO DE ACTUACIÓN	Verificación primitiva según Orden ITC/2845/2007, de 27 de septiembre, disposición transitoria primera	
IDENTIFICACIÓN	Marca	BRÜEL&KJÆR
	Modelo	4231
	Núm. de serie	2583271
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	Tipo / clase	1
	Nivel/es nominal/es	94.0 / 114.0 dB
	Frecuencia nominal	1000
PUESTA EN SERVICIO	2011-11	
FECHAS	Verificación	Válido hasta
	2011-11-04	2012-11-04
		<i>(si antes no hay una operación de reparación que obligue a superar una verificación después de reparación o modificación)</i>
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE	
PRECINTADO	Según ubicación prevista en el certificado de examen de modelo	
SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:		
Responsable Técnico	Inspector	
Esther Serrano Cavia	Eusebi Ruiz Solà	
Documento firmado electrónicamente	Documento firmado electrónicamente	
09/11/2011 18:52:15	04/11/2011 17:26:38	

Este certificado se expide cumpliendo los requisitos de la actividad competente en materia de control metrológico, y de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.
Este certificado no podrá ser reproducido sin permiso por escrito de Applus.



dBplus consultores acústicos
Análisis y predicción del comportamiento acústico de fachadas
Barcelona, Mayo 2012 - José Manuel Rume



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

Número 11/34517928

Página 1 de 1

Applus⁺
Metrología

LGA Technological Center, S.A.
Organismo Autorizado de Verificación Metrologica

Campus UAB
08193 Bellaterra
T +34 93 567 20 50
F +34 93 567 20 01
metrologia@appluscorp.com
www.applus.com

INSTRUMENTO	SONÓMETRO INTEGRADOR-PROMEDIADOR		
SOLICITANTE	DBPLUS ACOUSTIC ADVISORS, S.L.		
DIRECCIÓN	C/ MUNTANER, 572 ENTLO. 3ª 08022 BARCELONA (BARCELONA)		
TIPO DE ACTUACIÓN	Verificación periódica conforme a la Orden ITC/2845/2007, disposición transitoria primera		
IDENTIFICACIÓN		Sonómetro	Micrófono
	Marca	BRÜEL & KJAER	BRÜEL & KJAER
	Modelo	2250	4189
	Núm. de serie	2579757	2578599
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS	Tipo /Clase	1	
	Nivel de referencia	94.0 dB	
	Rango de medida	20.0 - 140.0 dB	
	Resolución	0,1 dB	
PUESTA EN SERVICIO			
FECHAS	Verificación	Válido hasta	
	2011-11-08	2012-11-08	<i>(si antes no hay una operación de reparación que obligue a superar una verificación después de reparación o modificación)</i>
RESULTADO VERIFICACIÓN	FAVORABLE		
PRECINTADO	Según ubicación prevista en el certificado de examen de modelo		
SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:			
Responsable Técnico		Inspector	
Tomás Martínez Borrás		Eusebi Ruiz Solà	
Documento firmado electrónicamente		Documento firmado electrónicamente	
09/11/2011 10:06:15		09/11/2011 08:10:54	

Este certificado se expide considerando los requisitos de la autoridad competente en materia de control metrologico, y de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

ENAC es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) de certificados de calificación de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

Este certificado puede ser consultado en el portal de datos de Applus.



5.3 ANEXO 3 – RELACIÓN DE ARCHIVOS DE AUDIO ENTREGADOS

Los archivos de audio entregados son los que se relacionan a continuación:

- Carpeta "JOSE MANUEL ROMO – AUDIO"
 - Carpeta "Originales"
 - Carpeta "Medida 1"
 - Archivo SR0.wav -> Audio medida 1 parte 1
 - Archivo SR1.wav -> Audio medida 1 parte 2
 - Carpeta "Medida 2"
 - Archivo SR0.wav -> Audio medida 2 parte 1
 - Carpeta "Medida 3"
 - Archivo SR0.wav -> Audio medida 3 parte 1
 - Archivo SR1.wav -> Audio medida 3 parte 2
 - Carpeta "Medida 4"
 - Archivo SR0.wav -> Audio medida 4 parte 1
 - Archivo SR1.wav -> Audio medida 4 parte 2
 - Carpeta "Muestras generadas"
 - Archivo Sample3_30s_original.wav -> Muestra 30" medida 3
 - Archivo Sample3_30s_normalizada.wav -> Muestra 30" medida 3, normalizada.
 - Archivo Sample3_30s_NBE_normalizada.wav -> Muestra 30" medida 3 y filtrada según aislamiento NBE, normalizada.
 - Archivo Sample3_30s_CTE.wav -> Muestra 30" medida 3 y filtrada según diferencia de aislamiento CTE-NBE.