

LA REPRESENTACIÓN DEL PAISAJE SONORO EN EL PROCESO DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

REPRESENTATION OF THE SOUNDSCAPE IN THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS

Josep Llorca-Bofí, Vicent Llorca-Bofí, Ernest Redondo Domínguez

doi: 10.4995/ega.2019.11780

La gestación de la idea o “insight” es una de las principales fases del proceso de diseño arquitectónico. A lo largo de la historia se han utilizado diversos métodos para abordar esta fase tan crucial. En este estudio se propone el paisaje sonoro como generador de ideas de proyecto. Para explorar este nuevo enfoque se ha realizado una experiencia docente en estudiantes de arquitectura y se han analizado los resultados tanto de satisfacción como de los diseños generados. Los resultados muestran la capacidad pedagógica del método, el impacto en la valoración subjetiva de los fenómenos del entorno arquitectónico y su aplicabilidad independientemente del nivel musical previo de los alumnos.

**PALABRAS CLAVE: REPRESENTACIÓN
ARQUITECTÓNICA. PAISAJE SONORO.
DISEÑO BASADO EN REFERENTES.
GESTACIÓN DE LA IDEA**

Insight is one of the main phases of the architectural design process. Throughout history, various methods have been used to address this crucial phase. In this study, a soundscape is proposed as a generator of project ideas. To explore this new approach, a teaching experience was carried out with architecture students and the results were analysed in terms of satisfaction and the designs that were generated. The results show the educational capacity of the method, the impact on subjective assessment of phenomena in the architectural environment and its applicability, regardless of the previous musical level of the students.

**KEYWORDS: ARCHITECTURAL
REPRESENTATION. SOUNDSCAPE.
DESIGN FIXATION AND INSIGHT**



Introducción

Tras la descripción del problema y su análisis mediante un programa detallado, el proceso de diseño arquitectónico entra en una fase cuya descripción técnica es la gestación de la idea o “insight”. Como dijo Gilbert Herbert en 1965, aquí comienza la fase creativa vital del proceso de diseño, con inspiración, iluminación y perspicacia (Herbert 1966). Muchos autores clásicos han escrito sobre este proceso (O’Doherty, 1963; Ghiselin, 1985; Jansson and Smith, 1991) y aún hoy en día es una de las principales preocupaciones del proceso de diseño arquitectónico. En esta investigación se presenta un enfoque diferente a este punto clave.

La gestación de la idea en el proceso de diseño

El proceso de ideación de un proyecto arquitectónico es muy variado, pero la fase de gestación de la idea siempre necesita un generador con potencia suficiente para iniciar e inspirar todo el proyecto. El lugar ha sido clásicamente el generador de ideas más importante en arquitectura expresándose como vistas, clima (Olgyay *et al.*, 1963), topografía (Booth, 1983), etc. Pero existen otros impulsores como las referencias culturales relacionadas con el proyecto, las fiestas populares, los colores regionales, etc.

Paisaje sonoro para el diseño arquitectónico

El sonido puede ser uno de esos generadores de ideas arquitectónicas y a lo largo de la historia de la arquitectura se pueden encontrar algunos ejemplos donde ha sido así (Llorca Bofí, 2014). Iannis Xenakis diseñó la fachada principal del mo-

nasterio de La Tourette utilizando métodos estocásticos de una manera similar a como los utilizó en sus composiciones para orquesta (Xenakis, 2008). Renzo Piano diseñó el escenario arquitectónico de la pieza musical de Luigi Nono con los requerimientos acústicos y espaciales de la misma (Palmease and Carles, 2005). Stockhausen y Fritz Bornemann diseñaron un lugar donde la espacialidad de la música era el tema principal (Fowler, 2010) y se han realizado numerosas investigaciones sobre las estrechas relaciones entre compositores y arquitectos (Clerc González 2003; Moreno Soriano 2008; Llorca & Llorca 2010; Armesto & Llorca-Bofi 2018).

Recientemente también se ha estudiado la influencia entre la arquitectura y el sonido desde un acercamiento acústico. Algunos autores (Sheridan and Van Lengen, 2003; Llorca-Bofi, Redondo and Vorländer, 2019) se han centrado en un enfoque educativo en el que los estudiantes experimentaban las propiedades acústicas de diferentes espacios para hacer una propuesta de diseño arquitectónico. Michael Fowler enseña a los estudiantes de arquitectura sobre la importancia del sonido en las ciudades y les anima a hacer propuestas de diseño urbano para generar condiciones acústicas particulares (Fowler, 2013).

En este estudio proponemos un enfoque diferente: el del diseño arquitectónico basado en el sonido. Este enfoque consiste en que los estudiantes escuchan un paisaje sonoro específico y se les pide que diseñen el espacio que éste les sugiere. Por tanto, aquí se considera el sonido como generador del diseño, no como elemento posterior al proyecto, sino como gestante de la idea

Introduction

After a description of the problem and its analysis in a detailed program, the architectural design process enters a phase whose technical description is gestation of the idea or “insight”. As Gilbert Herbert said in 1965, this is when the vital creative phase of the design process begins, with inspiration, illumination and insight (Herbert, 1966). Many classical authors have written about this process (O’Doherty, 1963; Ghiselin, 1985; Jansson and Smith, 1991) and it is still one of the main concerns of the architectural design process today. This research presents a new approach to this key point.

Insight in the design process

An architectural project’s ideation process is highly varied, but the idea gestation phase always needs a generator with enough power to initiate and inspire the entire project. Traditionally, place has been the main generator of ideas in architecture, expressed as views, climate (Olgyay *et al.*, 1963) and topography (Booth, 1983), among other factors. However, there are other promoters such as cultural references related to the project, local festivities and regional colours.

Soundscape for architectural design

Sound can be a generator of architectural ideas. We can find some examples throughout the history of architecture (Llorca Bofí, 2014). Iannis Xenakis designed the main façade of La Tourette monastery using stochastic methods in a similar way to his compositions for orchestra (Xenakis, 2008). Renzo Piano designed the architectural stage for Luigi Nono’s piece of music with its acoustic and spatial requirements (Palmease and Carles, 2005). Stockhausen and Fritz Bornemann designed a place in which the spatiality of music was the main theme (Fowler, 2010) and numerous studies have been carried out on the close relationships between composers and architects (Clerc González, 2003; Moreno Soriano, 2008; Llorca & Llorca, 2010; Armesto & Llorca-Bofi, 2018).

The influence between architecture and sound has also been studied in recent years using an acoustic approach. Some authors (Sheridan and Van Lengen, 2003; Llorca-



Bofí, Redondo and Vorländer, 2019) have focused on an educational approach in which students experienced the acoustic properties of different spaces to create an architectural design proposal. Michael Fowler teaches architecture students about the importance of sound in cities and encourages them to make urban design proposals to generate specific acoustic conditions (Fowler, 2013). In this study, we propose a different approach: architectural design based on sound. In this approach, students listen to a specific soundscape and are asked to design the space it suggests. Here, sound is considered the generator of the design. Rather than a later element in the project, it is central to the gestation of the architectural idea. As far as we know, no studies have been published on this approach in architectural design.

Methods

To analyse the possibilities of the sound landscape as a generator of ideas, we used the design fixation model (Jansson and Smith, 1991) with architecture students as participants. This model consists of using inspired external stimuli at the beginning of the design process to stimulate the generation of new ideas that would otherwise be unlikely to emerge. Some studies indicate the benefits of this method: the ideas generated are newer and of better quality (Perttula and Sipilä, 2007; Sio, Kotovsky and Cagan, 2015; Vasconcelos and Crilly, 2016). However, negative effects have also been discussed, such as a reduction in the variety

Tabla I. Cronología con los hitos de cada fase

Table I. Timeline with the milestones of each phase

arquitectónica. Por lo que sabemos, no se ha publicado ningún estudio previamente que utilice este enfoque en el diseño arquitectónico.

Método

Para analizar las posibilidades del paisaje sonoro como generador de ideas se utilizó el modelo de diseño basado en referentes o “design fixation” (Jansson and Smith, 1991) en estudiantes de arquitectura. Este modelo consiste en el uso de estímulos externos de inspiración al inicio del proceso de diseño para estimular la generación de nuevas ideas que, de otro modo, sería poco probable que surgieran. Algunos estudios señalan los beneficios de utilizar este método: las ideas generadas son más novedosas y de mejor calidad (Perttula and Sipilä, 2007; Sio, Kotovsky and Cagan, 2015; Vasconcelos and Crilly, 2016). Sin embargo, también se han discutido los efectos negativos destacando la reducción en la variedad de ideas generadas (Jansson and Smith, 1991; Liikkanen and Perttula, 2010). En nuestro estudio utilizamos el diseño basado en referentes para obtener resultados de mejor

calidad sabiendo que la variedad de éstos será limitada.

Se utilizó un enfoque cuasi-experimental (un único grupo evaluado antes y después de la actividad) en estudiantes de arquitectura de 3º y 4º año de un programa de seis años en la Universitat Politècnica de Catalunya, Escuela de Arquitectura de Barcelona, España.

Recopilación de datos

Los datos se recopilaron mediante un cuestionario anónimo antes y después de la actividad. El cuestionario constaba de 11 preguntas incluidas en 2 dominios y en todas las preguntas se utilizó una escala de puntuación del 1 y 5 puntos.

Procedimiento

Se realizó un diseño en cuatro fases (Tabla I). En la primera fase, que corresponde al diseño basado en referentes, el profesor explicó en qué consistirá la actividad “dibujar el paisaje sonoro”. Se reprodujo una secuencia de sonidos domésticos que habían sido grabados y ensamblados con la intención de describir una secuencia espacial (paisaje sonoro). A continuación, el profesor mostró un ejemplo de

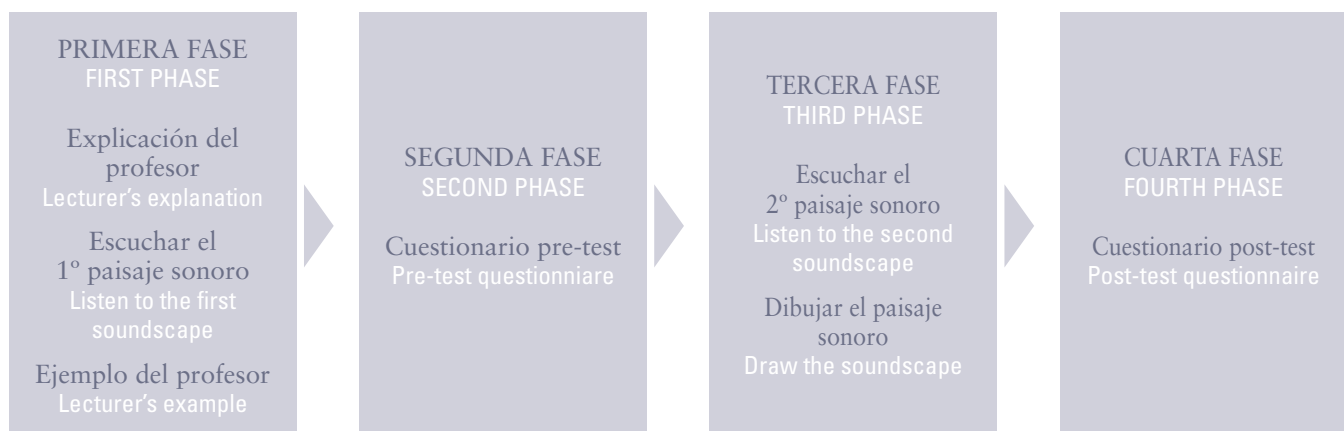
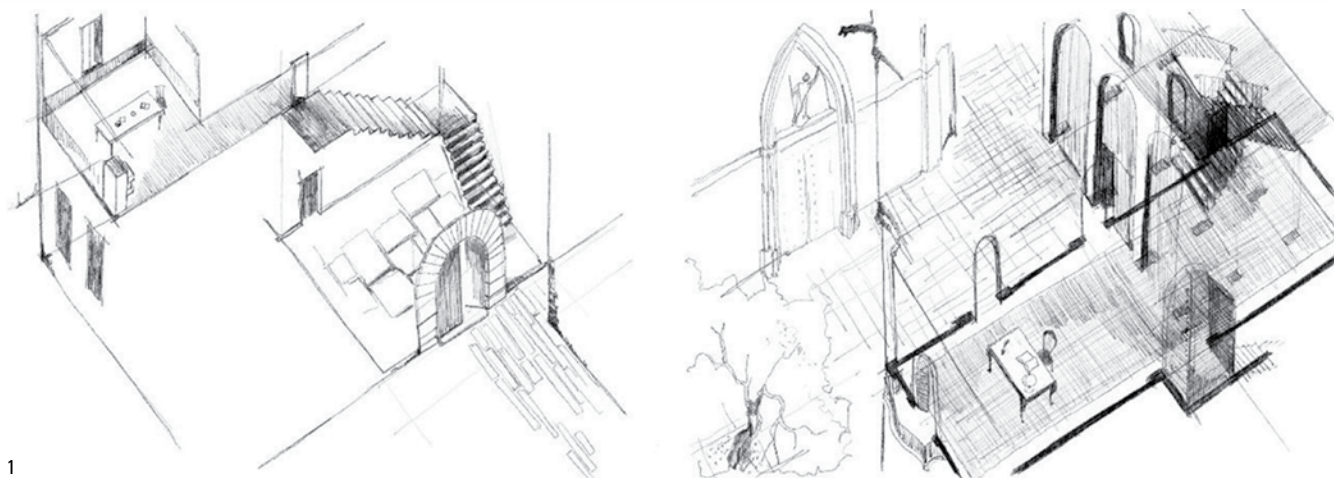


Tabla / Table I



1. Ejemplo gráfico del profesor utilizado como referente en la primera fase: dos propuestas arquitectónicas que responden a un mismo paisaje sonoro

1. The teacher's graphic example used as a reference in the first phase: two architectural proposals that respond to the same soundscape



diseño dibujado a partir de dicho paisaje sonoro (Fig 1).

En la segunda fase, se distribuyó a los estudiantes un cuestionario pre-test con dos dominios y se recogieron los resultados. En el primer dominio se preguntó al alumno sobre la evaluación de los fenómenos del entorno arquitectónico más valorados en la cultura occidental (Pallasmaa, 2012; Augusta McMahon, 2013) (color, luz, textura y sonido). El segundo dominio preguntó por la evaluación del método “dibujar el paisaje sonoro” en términos de eficacia, eficiencia, satisfacción, confort, imaginación y materialización. A continuación, se recogieron los resultados.

En la tercera fase, el profesor reprodujo una segunda secuencia de paisaje sonoro diferente a la primera. Se pidió a los estudiantes que dibujaran el espacio arquitectónico que imaginan a partir de esa secuencia. A todos los estudiantes se les pidió que realizaran su dibujo a mano con técnica libre, en perspectiva militar y en un din A3. También se les dio la posibilidad de realizar además una imagen fotorealista de su diseño para introducir la materialidad en el diseño.

En la cuarta fase, se distribuyó a los alumnos un cuestionario post-test, idéntico al pre-test, y se recogieron los resultados.

Análisis estadístico

Las estadísticas descriptivas de los resultados se calcularon como Mediana, Media y Desviación Estándar. Las diferencias entre el pre y post-test se evaluaron utilizando la prueba de Wilcoxon en los elementos individuales y la prueba t en el total de los elementos. La correlación de Spearman (r_s) se utilizó para explorar la asociación del nivel musical y el cambio entre el pre y el post-test. Se definió como estadísticamente significativo un valor de p inferior de 0.05. Todos los cálculos se realizaron con el programa SPSS-IBM (ver. 23).

Resultados

Participaron en el estudio un total de 70 estudiantes: 37 mujeres (52.9%) y 33 hombres (47.1%).

Cuestionario

Sesenta y seis estudiantes voluntarios –34 mujeres (51.5%), 32 hombres

of ideas generated (Jansson and Smith, 1991; Liikkanen and Perttula, 2010). In our study, we used the design fixation model to obtain better quality results, with the knowledge that the variety would be limited.

A quasi-experimental approach (a single group evaluated before and after the activity) was used with 3rd and 4th year architecture students of a six-year programme at the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), School of Architecture of Barcelona, Spain.

Data collection

Data were collected using an anonymous questionnaire before and after the activity. The questionnaire consisted of eleven questions included in two domains. For all questions, a scoring scale of 1 to 5 points was used.

Procedures

A four-phase design was carried out (Table I). In the first phase, which corresponds to the design fixation, the teacher explained the activity of “drawing the soundscape”. A sequence of domestic sounds that had been recorded and assembled to describe a spatial sequence (soundscape) was reproduced.

Next, the professor presented an example of a design drawn from the soundscape (Fig. 1). In the second phase, a pre-test questionnaire with two domains was distributed to the students and the results were collected. In the first domain, students were asked to identify the architectural environment phenomena that are most valued in Western



culture (Pallasmaa, 2012; Augusta McMahon, 2013) (colour, light, texture and sound). In the second domain, students were asked to assess the “drawing the soundscape” method in terms of effectiveness, efficiency, satisfaction, comfort, imagination and materialization. The results were collected. In the third phase, the teacher reproduced a second soundscape sequence that differed from the first. The students were asked to draw the architectural space they imagined from that sequence. All students were asked to draw by hand using a free technique, from a military perspective and on A3 paper. They were also given the opportunity to make a photorealistic image of their design to introduce materiality. In the fourth phase, students were given a post-test questionnaire that was identical to the pre-test questionnaire. Then the results were collected.

Statistical analysis

The descriptive statistics of the results were calculated as median, mean and standard deviation. Differences between the pre- and post-test were evaluated using Wilcoxon’s test on individual elements and the t-test on total elements. Spearman’s correlation (r_s) was used to explore the association between musical level and change between the pre- and post-test. A p value under 0.05 was defined as statistically significant. All computations were performed with the SPSS-IBM program (ver. 23).

Results

A total of 70 students participated in the study: 37 women (52.9%) and 33 men (47.1%).

Questionnaire

Sixty-six volunteer students (34 women [51.5%] and 32 men [48.5%]) responded to the baseline questionnaire and 39 students (24 women [61.6%] and 15 men [38.4%]) responded to the follow-up questionnaire. A total of 36 students (22 women [61.1%] and 14 men [38.9%]) responded to the two questionnaires and the data from these subjects were used in the statistical analysis. The domain of phenomena in the architectural environment was influenced by the activity,

Tabla II. Evaluación de las diferencias pre y post test. (*) muestra diferencias significativas ($p < 0.05$)

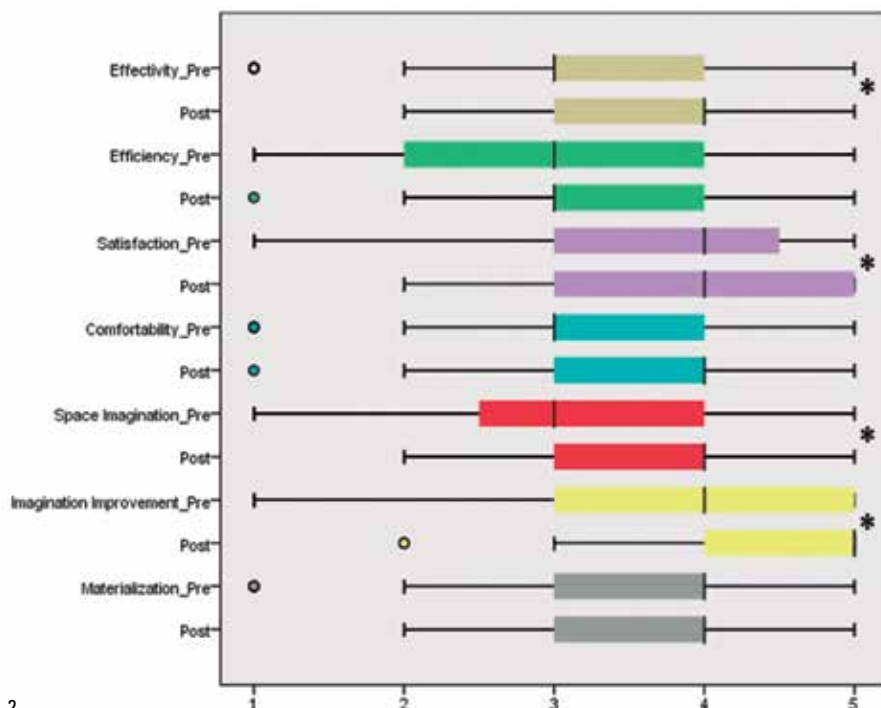
Table II. Evaluation of pre- and post-test differences. (*) shows significant differences ($p < 0.05$)

(48.5%)– respondieron al cuestionario de referencia y 39 estudiantes –24 mujeres (61.6%), 15 hombres (38.4%)– respondieron al cuestionario de seguimiento. Finalmente, 36 estudiantes –22 mujeres (61.1%) y 14 hombres (38.9%)– respondieron a los dos cuestionarios y son estos los datos que se utilizan para el análisis estadístico.

El dominio de los fenómenos del entorno arquitectónico se vio influenciado por la actividad que cambió la mediana de valoración del sonido de 3 a 4 puntos ($p = 0.009$), pero no las medianas de color ($p = 0.702$), luz ($p = 0.655$) y textura ($p = 0.225$). La mediana total de la evaluación de elementos arquitectónicos cambió signi-

	Pre (n= 36)			Post (n= 36)			p-valor p-value
	Mediana Median	Media Mean	SD	Mediana Median	Media Mean	SD	
VALORACIÓN DE LOS FENÓMENOS DEL ENTORNO ARQUITECTÓNICO ASSESSMENT OF PHENOMENA IN THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT							
1) Valoración del color Assessment of colour	4.00	4.17	0.697	4.00	4.22	0.760	0.712
2) Valoración de la luz Assessment of light	5.00	4.81	0.401	5.00	4.83	0.378	0.655
3) Valoración de la textura Assessment of texture	4.00	4.31	0.668	5.00	4.44	0.652	0.225
4) Valoración del sonido Assessment of sound	3.00	3.42	1.103	4.00	3.74	0.850	0.009*
Total elementos de la arquitectura Total architectural elements	16.50	16.55	1.918	17.50	17.19	1.801	0.033*
VALORACIÓN DE “DIBUJAR EL PAISAJE SONORO” ASSESSMENT OF “DRAWING THE SOUNDSCAPE”							
1) Efectividad Effectiveness	3.00	3.17	1.231	4.00	3.61	0.838	0.047*
2) Eficiencia Efficiency	3.00	2.75	1.296	3.00	3.11	0.887	0.075
3) Satisfacción Satisfaction	4.00	3.50	1.298	4.00	3.92	0.841	0.046*
4) Imaginación del espacio Imagination of the space	3.00	3.00	1.042	4.00	3.64	0.867	0.004*
5) Comodidad Comfort	3.00	3.28	1.111	4.00	3.50	0.878	0.351
6) Mejora de la imaginación Improvement of imagination	4.00	3.75	1.228	5.00	4.39	0.903	0.011*
7) Materialización Materialization	4.00	3.47	1.207	4.00	3.50	0.811	0.964
Total “dibujar el paisaje sonoro” Total “drawing the soundscape”	24.00	22.91	7.216	26.00	25.66	4.616	0.028*
TOTAL TOTAL	40.00	39.47	8.129	43.00	42.86	5.617	0.012*

Tabla / Table II



2. Evaluación de las diferencias pre y post test. (*) muestra diferencias significativas (p<0.05)

2. Evaluation of pre- and post-test differences. (*) shows significant differences (p<0.05)

2

ficativamente de 16.50 a 17.50 puntos (p=0.033).

El dominio de evaluación “dibujar el paisaje sonoro” se vio influenciado por la actividad que mejoró un punto en la mediana de la efectividad (p=0.047), la imaginación espacial (p=0.004) y la mejora de la imaginación (p=0.011). La mediana de satisfacción no se modificó, pero la media mejoró de 3.50 (SD = 1.298) a 3.92 (SD = 0.841) con una diferencia significativa (p = 0.046). La mediana total de este dominio cambió de 24 a 26 puntos (p=0.028).

La mediana total también se vio influenciada y cambió de 40 a 43 con una diferencia estadísticamente significativa (p=0.012).

Para evaluar la influencia del nivel musical previo en los resultados del cuestionario se clasificó a los alumnos en función de la formación musical en tres grados: no tienen estudios musicales (12 alumnos, 33,4 %), tienen estudios elementales (15 alumnos, 41,6 %) o tienen estudios medio-profesionales (9 alumnos, 25 %). La correlación entre el nivel musical y la cantidad de cambio entre la prueba pre y post prueba fue

significativa sólo para la valoración de luz (rs=0.366, p=0.028) y la comodidad (rs=0.488, p=0.003) pero no para ninguno de los otros ítems evaluados.

Dibujar el paisaje sonoro

Los elementos dibujados por los alumnos se desglosan en la Tabla III. El eje horizontal identifica los sucesivos eventos de la secuencia del paisaje sonoro: (A) Calle, (B) Bicicleta, (C) Canto de pájaro/Espacio exterior, (D) Valla, (E) Puerta, (F) Pasos/Espacio interior-1, (G) Radio, (H) Pasos/Espacio interiores-2, (I) Agua, (J) Platos, (K) Rótura de cristal, (L) Pasos/Espacio interior-3, (M) Apaga la radio, (N) Pasos/Espacio interior-4, (O) Voces exteriores, (P) Abre puerta, (Q) Espacio exterior, (R) Gente gritando. Como se puede comprobar, la secuencia contiene tanto elementos espaciales (espacios interiores y exteriores) como objetos (la radio o los gritos de la gente).

Los espacios arquitectónicos corresponden a los elementos más dibujados: (A) 96 %, (C) 98.7 %, (D) 89.3 %, (E) 100 %, (F) 98.7

which changed the median sound rating from 3 to 4 points (p=0.009). The medians for colour (p=0.702), light (p=0.655) and texture (p=0.225) were not changed by the activity. The overall median value for the evaluation of architectural elements changed significantly from 16.50 to 17.50 points (p=0.033). The evaluation domain “drawing the soundscape” was influenced by the activity, which increased by a point the median values for effectiveness (p=0.047), spatial imagination (p=0.004) and improved imagination (p=0.011). The median value for satisfaction did not change, but the mean increased from 3.50 (SD = 1.298) to 3.92 (SD = 0.841), with a statistically significant difference (p = 0.046). The total median for this domain rose from 24 to 26 points (p=0.028).

The total median was also influenced and increased from 40 to 43 with a statistically significant difference (p=0.012). (Fig. 2) To evaluate the influence of previous musical level on the results of the questionnaire, students were classified according to their musical education into three categories: no music studies (12 students, 33.4%), elementary music studies (15 students, 41.6%) and intermediate-professional music studies (9 students, 25%). The correlation between the musical level and the amount of change between the pre- and post-test was significant for the assessment of light (rs=0.366, p=0.028) and comfort (rs=0.488, p=0.003), but not for any of the other items assessed.

Drawing the soundscape

The elements drawn by the students are broken down in Table III. The horizontal axis identifies the successive events of the sound landscape sequence: (A) Street, (B) Bicycle, (C) Bird Song/Outdoor Space, (D) Fence, (E) Door, (F) Steps/Indoor Space-1, (G) Radius, (H) Steps/Indoor Space-2, (I) Water, (J) Plates, (K) Glass Breaking, (L) Steps/Indoor Space-3, (M) Turning off the Radio, (N) Steps/Indoor Space-4, (O) Outside Voices, (P) Opening the Door, (Q) Outside Space, (R) People Screaming. As we can see, the sequence contains both spatial elements (indoor and outdoor spaces) and objects (the radio or the screams of people). The architectural spaces that corresponded



Tabla III. Elementos contenidos en los dibujos de los estudiantes

Table III. Elements contained in the students' drawings

ELEMENTOS SONOROS / SOUND ELEMENTS	AUDIO		
	EXTERIORES / OUTDOOR	INTERIORES / INDOOR	EXTERIORES / OUTDOOR
A. Calle Street	72		96
B. Bicicleta Bicycle	46		61.3
C. Canto de pájaro / Espacio exterior Bird song / outdoor space	74		98.7
D. Valla Fence	67		89.3
E. Puerta Door	75		100
F. Pasos / Espacio interior (1) Steps / Indoor space (1)	74		98.7
G. Radio Radio	50		66.7
H. Pasos / Espacio interior (2) Steps / Indoor space (2)	75		100
I. Agua Water	57		76
J. Platos Plates	58		77.3
K. Rotura de cristal Glass breaking	34		45.3
L. Pasos / Espacio interior (3) Steps / Indoor space (3)	74		98.7
M. Apaga la radio Turning off the radio	47		62.7
N. Pasos / Espacio interior (4) Steps / Indoor space (4)	74		98.7
O. Voces exteriores Outside voices	3		4
P. Abre puerta Opening door	72		96
Q. Espacio exterior Outside space	69		92
R. Gente gritando People screaming	4		5.3

Tabla / Table III

to the most drawn elements were: (A) 96%, (C) 98.7%, (D) 89.3%, (E) 100%, (F) 98.7%, (H) 100%, (L) 98.7%, (N) 98.7%, (P) 96% and (Q) 92%. In contrast, non-architectural objects corresponded to the least drawn elements: B) 61.3%, G) 66.7%, I) 76%, J) 77.3%, K) 45.3%, M) 62.7%, O) 4% and R) 5.3%.

A total of 72% of the students completed the exercise by producing a photorealistic image showing the interior space proposed in the first sketch. As explained, this was an optional exercise to introduce materiality into the design process. However, some students had already introduced materiality in their drawings by hand, so 84% of the students addressed materiality in their designs, either in the initial drawings or in the advanced photorealistic image.

Finally, the students' interpretation of the acoustic route was evaluated. The acoustic path begins in an outer space, followed by an inner space and ends again in an outer space. Although there is no doubt that indoor and outdoor spaces can be distinguished, the

%, (H) 100 %, (L) 98.7%, (N) 98.7 %, (P) 96 %, (Q) 92 %. Por el contrario, los objetos no arquitectónicos corresponden a los menos dibujados: B) 61.3%, G) 66.7%, I) 76%, J) 77.3%, K) 45.3%, M) 62.7%, O) 4%, R) 5.3%.

Por otro lado, un 72% de los alumnos terminaron el ejercicio produciendo una imagen fotorrealista del espacio interior propuesto en el primer boceto. Como hemos explicado, este era un ejercicio optativo con el fin de introducir la materialidad en el proceso de diseño. Sin embargo, algunos estudiantes ya introdujeron la materialidad en sus dibujos a mano, por lo que el 84% de los estudiantes trataron la materialidad en sus diseños, ya sea en los dibujos iniciales o en la imagen avanzada fotorrealista.

Finalmente, se evaluó la interpretación que los estudiantes presentaron sobre la ruta acústica. El recorrido acústico comienza en un espacio exterior, seguido de un espacio interior y termina de nuevo en un espacio exterior. Aunque no hay duda de que se pueden distinguir los espacios exteriores e interiores, el alumno puede interpretar libremente si el primer espacio exterior corresponde al último espacio exterior. Esta ambigüedad conduce a dos tipos de interpretaciones del espacio escuchado: un recorrido circular en el que el espacio de partida coincide con el espacio final, o un recorrido lineal en el que el principio y el final son diferentes. El 78.6% de los alumnos imaginaba una ruta circular, mientras que el 21.3% imaginaba una ruta lineal.



Discusión

El proceso de diseño arquitectónico comprende modificaciones del diseño original, mejorándolo y ajustando sus medidas. Por lo tanto, el diseño arquitectónico “no puede ser creado comenzando desde el principio y continuando de forma lineal hasta el final. Por el contrario, es necesario tener en cuenta continuamente la totalidad, y pasar del todo a las partes y de los detalles al todo” (Norberg-Schulz, 1965). Sin embargo, ya sea siguiendo un camino lineal o más complejo, en el proceso de diseño arquitectónico predomina la poderosa idea inicial. Esta idea se denomina “insight” al inicio del artículo y debe ser suficientemente potente para generar y sustentar las decisiones del proyecto arquitectónico. En nuestro estudio proponemos el sonido como “insight” novedoso y lo utilizamos como herramienta docente en estudiantes de arquitectura.

Al analizar los resultados obtenidos en los cuestionarios, observamos que se consiguió cambiar la valoración global que los alumnos tienen de los fenómenos del entorno arquitectónico gracias al aumento en la medida del sonido. En cuanto al método en sí, los alumnos destacan el potencial de éste para imaginar nuevos espacios y el efecto que el método tiene sobre ellos, mejorando su capacidad de imaginación. No obstante, a pesar de que lo consideran útil para el diseño, no creen que vayan a utilizarlo para sus propios diseños, en un futuro, ni creen que mejore su materialización.

Si evaluamos la influencia del nivel musical en los resultados del cuestionario, observamos que existe una correlación positiva con los

conocimientos musicales previos de los alumnos en la evaluación de la luz y el confort, pero estos ítems no muestran modificaciones significativas entre el pre y el post-test. Por otro lado, los ítems que muestran diferencias pre-post (efectividad, satisfacción, imaginación espacial y mejora de la imaginación) no son modificados por el nivel musical. Este hecho no significa que el método no pueda ser utilizado en todo tipo de estudiantes; sino que aquellos con conocimientos musicales previos se sienten más cómodos. No obstante, los efectos propios del método no se modifican con el nivel musical previo del alumno.

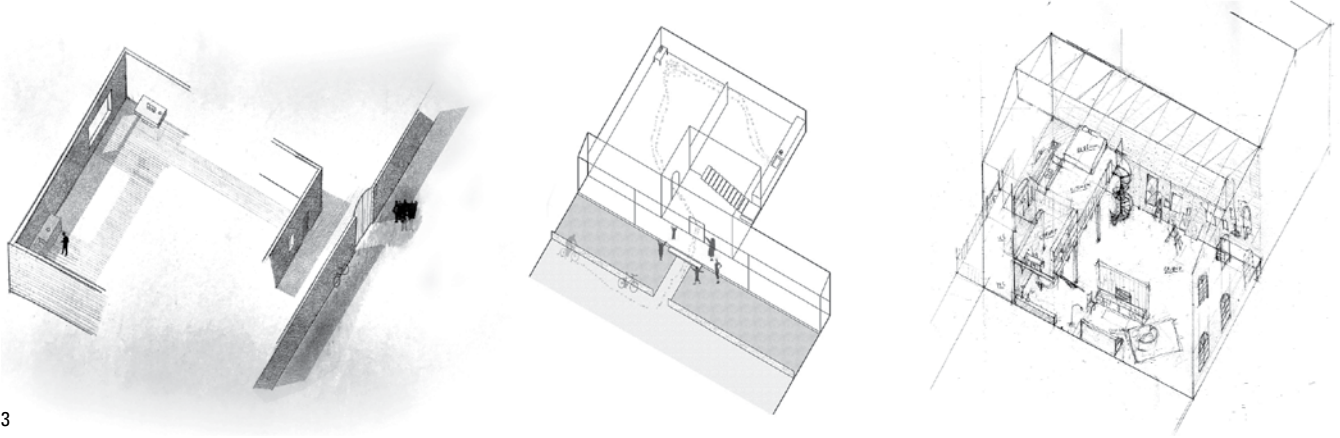
Al analizar los diseños realizados por los alumnos, observamos que los espacios arquitectónicos son los elementos más representados gráficamente, mientras que los elementos no arquitectónicos como el sonido de una bicicleta, de una radio o la rotura de un cristal lo son mucho menos. Esto podría deberse a la utilización del modelo de diseño basado en referentes en el que los alumnos observaron el ejemplo del profesor que se centra principalmente en los elementos arquitectónicos. Este hallazgo corrobora los resultados previamente descritos con este método (Sio, Kotovsky and Cagan, 2015), en el que se generan ideas de mejor calidad, pero se reduce la variedad de las mismas. También se puede deber a que los estudiantes están en un curso de arquitectura donde predomina la representación del espacio construido.

Respecto a la variedad de las ideas generadas, observamos que la mayoría de los alumnos (78.6%) imaginaron que la secuencia espacial era circular (Fig. 3) y el resto la imaginó lineal (Fig. 4). Este he-

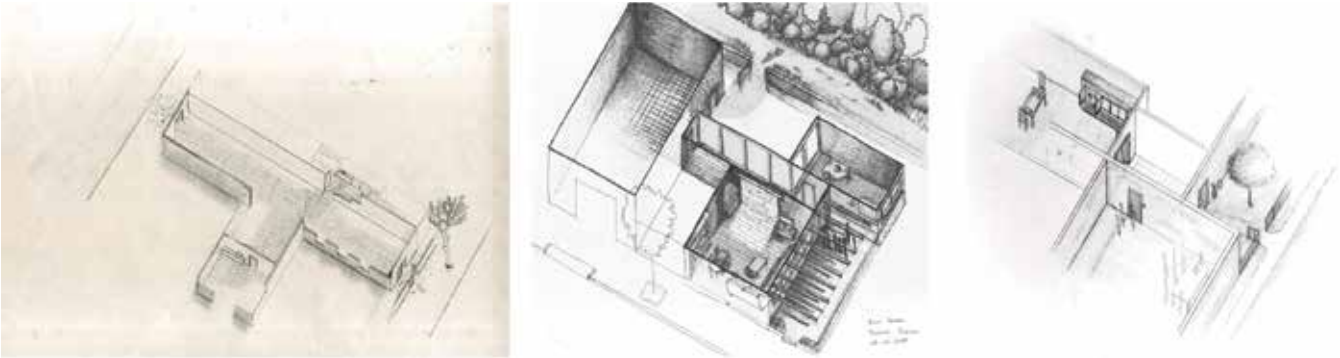
student can interpret freely whether the first outdoor space corresponds to the last outdoor space. This ambiguity leads to two types of interpretations of the space that was heard: a circular route in which the starting space coincides with the final space, or a linear route in which the beginning and the end are different. A total of 78.6% of the students imagined a circular route, while 21.3% imagined a linear route.

Discussion

The architectural design process involves modifications to the original design, to improve it and adjust its measurements. Therefore, architectural design “cannot be created by starting from the beginning and continuing linearly to the end. On the contrary, it is necessary to continuously take into account the whole, and to move from the whole to the parts and from the details to the whole” (Norberg-Schulz, 1965). However, regardless of whether a linear or more complex path is followed, the powerful initial idea predominates in the architectural design process. This idea was called “insight” at the beginning of the article and must be powerful enough to generate and sustain decisions in the architectural project. In our study, we propose sound as a novel insight, and we use it as a teaching tool for architecture students. An analysis of the results obtained in the questionnaires showed that it was possible to change students’ overall assessment of the phenomena of the architectural environment by increasing the measurement of sound. In terms of the method itself, students highlighted its potential to imagine new spaces and the effect that the method had on them, improving their capacity for imagination. However, although they considered it useful for design, they did not believe that they would use it in their own designs in the future, nor did they believe that it would improve their materialisation. An evaluation of the influence of musical level on the results of the questionnaire revealed a positive correlation with the previous musical knowledge of the students in the light and comfort assessment, but these items did not show significant modifications between the pre- and post-test. However, items that showed pre-post differences (effectiveness, satisfaction, spatial imagination and



3



4



5





3. Representación “circular” de la secuencia sónica. Autores: Ferrer, Costa y Tien

4. Representación “lineal” de la secuencia sónica. Autores: Gómez, Aguado y Arranz Santa-Olalla

5. Esquemas de diseño que terminan con una imagen fotorealista del diseño arquitectónico. Autores: Killius, Millet y Llevadot

. Circular representation of the sonic sequence. Authors: Ferrer, Costa and Tien

4. Linear representation of the sonic sequence. Authors: Gómez, Aguado and Arranz Santa-Olalla

5. Design schemes that end with a photorealistic image of the architectural design. Authors: Killius, Millet and Llevadot

cho nos muestra que a pesar de que nuestro paisaje sonoro fue diseñado abiertamente sin orientar a ninguna de las dos interpretaciones, nuestros alumnos se decantaron mayoritariamente hacia una secuencia cerrada o circular. Se puede argumentar que el estudiante prefiere imaginar una secuencia cerrada para obtener más información de los espacios y detallar más sus características pasando dos veces por el mismo lugar. Pero también aquí podría influenciar la utilización del modelo de diseño basado en referentes ya que el ejemplo mostrado por el profesor dibujaba una secuencia circular.

En cuanto a la capacidad de este método para generar diseños “finalistas”, observamos algunos ejemplos claros (Fig. 5) en los que la idea inicial se continúa hasta el final y, a pesar de pequeñas modificaciones, mantiene la esencia espacial hasta generar una imagen fotorealista.

Pero la mayoría de los alumnos no produjeron la imagen fotorealista como señalaba su primer boceto, sino que modificaron su diseño original hasta llegar a un diseño final diferente. Este hallazgo es el proceso natural del diseño como todos los arquitectos experimentan (Norberg-Schulz, 1965), pero el hecho de que el 72% de los estudiantes terminaran haciendo una imagen fotorealista muestra que esta semilla de diseño arquitectónico que contiene la secuencia sonora fue lo suficientemente poderosa como para generar un diseño arquitectónico terminado en la mayoría de los estudiantes.

Respecto a la materialidad de los diseños, el 84% de los estudiantes imaginaron y representaron la materialidad en los dibujos a pesar

de que no era necesaria para una correcta comprensión del espacio como se observa en la Figura 6. No obstante, otros estudiantes utilizaron simplemente los materiales y una pequeña muestra del espacio haciendo comprensible el diseño sin tener que hacer un uso excesivo de la tridimensionalidad (Fig. 7).

Es decir, en muchos casos el proceso de gestación de la idea se realizó mediante la geometría, pero en otros se realizó principalmente mediante la materialidad. Este hallazgo es de especial interés pedagógico porque muestra diversidad en la representación de las ideas producidas a partir de un generador común y enriquece la fase de “insight” del proyecto arquitectónico. En definitiva, el método potencia la propuesta personal del alumno que es particularmente útil para la pedagogía del proyecto.

Conclusión

Este artículo muestra, a través de una experiencia docente, la capacidad generativa de los diseños arquitectónicos a partir de un paisaje sonoro. Utilizamos el modelo de diseño basado en referentes, los alumnos evaluaron la experiencia a través de cuestionarios y se realiza una evaluación gráfica de los resultados obtenidos. Las principales conclusiones de este estudio apoyan que el paisaje sonoro puede utilizarse para el diseño arquitectónico independientemente de los conocimientos musicales previos de los estudiantes y que esta metodología de diseño puede ser útil para la docencia del proyecto arquitectónico.

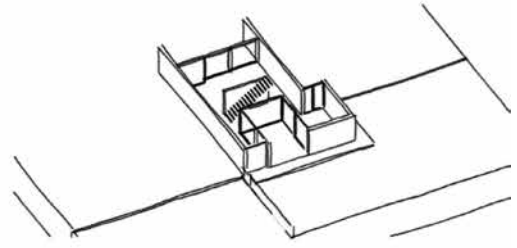
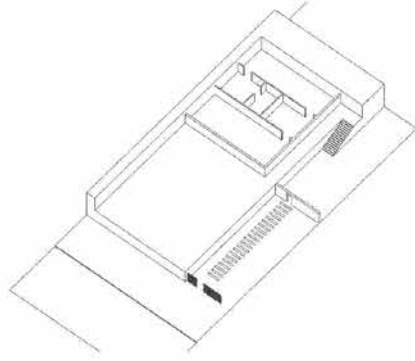
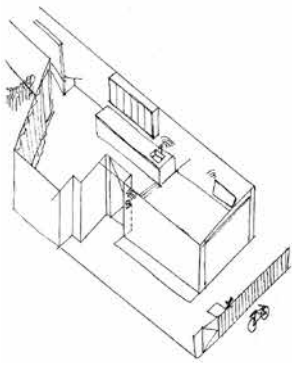
Sin embargo, cabe destacar que el estudio tiene algunas limitaciones: en primer lugar, se debería es-

improved imagination) were not modified by the musical level. This does not mean that the method cannot be used by all types of students. Instead, those with previous musical knowledge feel more comfortable with it. However, the effects of the method do not change with the student's previous musical level.

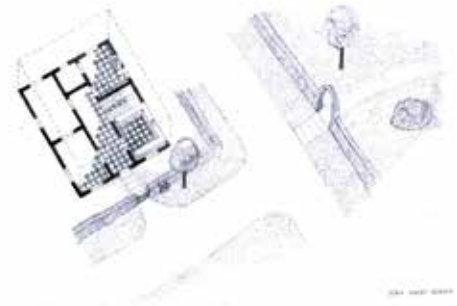
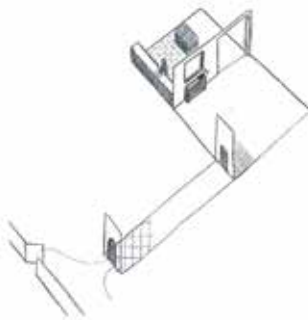
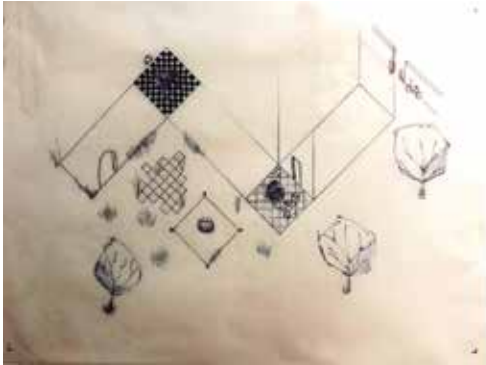
When we analysed the designs created by the students, we observed that architectural spaces were the most graphically represented elements. Non-architectural elements such as the sound of a bicycle, a radio or breaking glass were less commonly represented. This could be due to the use of the design fixation model in which students observed the example of the professor who focused mainly on architectural elements. This finding corroborates previously described results using this method (Sio, Kotovsky and Cagan, 2015), in which better quality ideas were generated, but their variety was reduced. It could also be due to the students being on an architecture course in which the representation of built space predominates. In terms of the variety of ideas generated, we observed that most students (78.6%) imagined that the spatial sequence was circular (Fig. 3) and the rest imagined it was linear (Fig. 4). This shows us that although our soundscape was designed in an open way without a focus on either interpretation, our students mostly opted for a closed or circular sequence. It can be argued that students prefer to imagine a closed sequence to obtain more information about the spaces and to provide more detail about their characteristics by passing twice through the same place. However, the use of the design fixation model could have had an influence here, since the example presented by the professor had a circular sequence.

Referring to the capacity of this method to generate “finalist” designs, we observed some clear examples (Fig. 5) in which the initial idea was continued until the end and, in spite of slight modifications, maintained the spatial essence until a photorealistic image was generated.

However, most students did not produce the photorealistic image as indicated in their first sketch, but rather modified their original design until they reached a different final design. This finding is the natural process



6



7

of design as experienced by all architects (Norberg-Schulz, 1965), although the fact that 72% of the students ended up making a photorealistic image shows that this architectural design seed containing the sound sequence was powerful enough to generate a finished architectural design in most students.

In relation to the materiality of the designs, 84% of the students imagined and represented materiality in the drawings even though it was not necessary for a correct understanding of the space as shown in Figure 6. However, other students simply used the materials and a small sample of the space to make the design understandable without having to use three-dimensionality excessively (Fig. 7).

In short, in many cases, the process of gestation of the idea was carried out using geometry, but in others it was carried out mainly by means of materiality. This finding is of special pedagogical interest because it shows diversity in the representation of ideas produced from a common generator and enriches the "insight" phase of the architectural project. In short, the method enhances the personal proposal of the student, which is particularly useful for the pedagogy of the project.

tudiar la utilización del diseño basado en referentes en nuestro método, descifrando los ejemplos que más influyentes en los resultados; en segundo lugar, hemos utilizado un único grupo experimental, pero para explorar las posibilidades del método se debería realizar un estudio con diversos grupos a los que se les asignen paisajes sonoros diferentes y comparar los resultados; finalmente, no se ha tenido en cuenta la percepción espacial de los estudiantes, por lo que en futuros estudios se debería incluir la calibración de la percepción acústica espacial en función del individuo para valorar su generalización al resto de la población. ■

Referencias

- ARMESTO, A. y LLORCA-BOFÍ, J. (2018) 'The Plan and the Score: The Analytic Drawing on the Elements of Architecture and Music', in CASTAÑO PEREA, E. y ECHEVERRÍA VALIENTE, E. (eds) *Architectural Draughtsmanship*. EGA 2016. Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58856-8_72.
- AUGUSTA MCMAHON, A. (2013) 'Space, Sound, and Light: Toward a Sensory Experience of Ancient Monumental Architecture', *American Journal of Archaeology*. Archaeological Institute of America, 117(2), p. 163. doi: 10.3764/aja.117.2.0163.
- BOOTH, N. K. (1983) *Basic Elements of Landscape Architectural Design - Norman K. Booth - Google Libros*. Long Grove: Waveland Press.
- CLERC GONZÁLEZ, G. (2003) *La arquitectura es música congelada*.
- FOWLER, M. (2010) 'The Ephemeral Architecture of Stockhausen's Pole für 2', *Organised Sound*. Cambridge University Press, 15(3), pp. 185–197. doi: 10.1017/S1355771810000269.
- FOWLER, M. D. (2013) 'Soundscape as a design strategy for landscape architectural praxis', *Design Studies*. Elsevier Ltd, 34(1), pp. 111–128. doi: 10.1016/j.destud.2012.06.001.
- GHISELIN, B. (1985) *The creative process: a symposium*. University of California Press.
- HERBERT, G. (1966) 'The architectural design process', *The British Journal of Aesthetics*, 6(2), p. 152. doi: 10.1093/bjaesthetics/6.2.152.
- JÄNSSON, D. G. y SMITH, S. M. (1991) 'Design fixation', *Design Studies*. Elsevier, 12(1), pp. 3–11. doi: 10.1016/0142-694X(91)90003-F.
- LIIKKANEN, L. A. y PERTTULA, M. (2010) 'Inspiring design idea generation:



6. Se define el espacio y se sugiere la materialidad.
 Autores: Christian, Corbacho y Casas

7. Se define la materialidad y se sugiere el espacio.
 Autores: Bruni, Mattis y Morey

6. Space is defined and materiality is suggested.
 Authors: Christian, Corbacho and Casas

7. Materiality is defined and space is suggested.
 Authors: Bruni, Mattis and Morey

insights from a memory-search perspective', *Journal of Engineering Design*. Taylor & Francis, 21(5), pp. 545–560. doi: 10.1080/09544820802353297.

- LLORCA-BOFÍ, J., REDONDO, E. y VORLÄNDER, M. (2019) 'Learning Room Acoustics by Design: A Project-Based Experience', *International Journal of Engineering Education*, 35(1B), pp. 417–423. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2579130>.
- LLORCA, J. y LLORCA, D. (2010) 'La Tourette y Metastaseis : de cómo ordena el material un arquitecto y un músico.', *Circuito de Arquitectura*, 1(7), pp. 5–16.
- LLORCA BOFÍ, J. (2014) *The generative, analytic and instructional capacities of sound in architecture: fundamentals, tools and evaluation of a design methodology*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- MORENO SORIANO, S. (2008) *Arquitectura y Música en el siglo xx*. Fundación. Barcelona.
- NORBERG-SCHULZ, C. (1965) *Intentions in architecture*. Cambridge: M. I. T. Press.
- O'DOHERTY, E. F. (1963) 'Psychological aspects of the creative act', in *Conference on Design Methods*. London: Pergamon Press.
- OLGAY, V., OLGAY, A., LYNDON, D., OLGAY, V. W., REYNOLDS, J. y YEANG, K. (1963) *Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press.
- PALLASMAA, J. (2012) *The eyes of the skin : architecture and the senses*. Wiley.
- PALMESE, C. y CARLES, J. L. (2005) 'Música y Arquitectura', *Scherzo*, 193(1).
- PERTTULA, M. y SIPILÄ, P. (2007) 'The idea exposure paradigm in design idea generation', *Journal of Engineering Design*. Taylor & Francis, 18(1), pp. 93–102. doi: 10.1080/09544820600679679.
- SHERIDAN, T. y VAN LENGEN, K. (2003) 'Hearing Architecture', *Journal of Architectural Education*. Blackwell Publishing Ltd, 57(2), pp. 37–44. doi: 10.1162/104648803770558978.
- SIO, U. N., KOTOVSKY, K. y CAGAN, J. (2015) 'Fixation or inspiration? A meta-analytic review of the role of examples on design processes', *Design Studies*. Elsevier, 39, pp. 70–99. doi: 10.1016/j.destud.2015.04.004.
- VASCONCELOS, L. A. y CRILLY, N. (2016) 'Inspiration and fixation: Questions, methods, findings, and challenges', *Design Studies*. Elsevier, 42, pp. 1–32. doi: 10.1016/j.destud.2015.11.001.
- XENAKIS, I. (2008) *Music and architecture : architectural projects, texts, and realizations*. Hillsdale: Pendragon Press.

Conclusion

This article shows, through a teaching experience, the generative capacity of architectural designs from a soundscape. We used the design fixation model.

The students evaluated the experience through questionnaires and conducted a graphic evaluation of the results. The main conclusions of this study suggest that the soundscape can be used for architectural design independently of the students' previous musical knowledge and that this design methodology can be useful for teaching the architectural project. However, there are some limitations to the study. Firstly, we should study the use of design based on references in our method, uncovering the examples that have the greatest influence on the results. Secondly, we used a single experimental group, but to explore the possibilities of the method a study should be carried out with different groups that are assigned different soundscapes and compare the results. Finally, students' spatial perception was not taken into account, so future studies should include the calibration of spatial acoustic perception according to the individual to assess its widespread application to the general population. ■

References

- ARMESTO, A. and LLORCA-BOFÍ, J. (2018) 'The Plan and the Score: The Analytic Drawing on the Elements of Architecture and Music', in CASTAÑO PEREA, E. and ECHEVERRÍA VALIENTE, E. (eds) *Architectural Draughtsmanship. EGA 2016*. Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58856-8_72.
- AUGUSTA MCMAHON, A. (2013) 'Space, Sound, and Light: Toward a Sensory Experience of Ancient Monumental Architecture', *American Journal of Archaeology*. Archaeological Institute of America, 117(2), p. 163. doi: 10.3764/aja.117.2.0163.
- BOOTH, N. K. (1983) *Basic Elements of Landscape Architectural Design - Norman K. Booth - Google Libros*. Long Grove: Waveland Press.
- CLERC GONZÁLEZ, G. (2003) *La arquitectura es música congelada*.
- FOWLER, M. (2010) 'The Ephemeral Architecture of Stockhausen's Pole für 2', *Organised Sound*. Cambridge University Press, 15(3), pp. 185–197. doi: 10.1017/S1355771810000269.
- FOWLER, M. D. (2013) 'Soundscape as a design strategy for landscape architectural praxis', *Design Studies*. Elsevier Ltd, 34(1), pp. 111–128. doi: 10.1016/j.destud.2012.06.001.

- GHISELIN, B. (1985) *The creative process : a symposium*. University of California Press.
- HERBERT, G. (1966) 'The architectural design process', *The British Journal of Aesthetics*, 6(2), p. 152. doi: 10.1093/bjaesthetics/6.2.152.
- JANSSON, D. G. and SMITH, S. M. (1991) 'Design fixation', *Design Studies*. Elsevier, 12(1), pp. 3–11. doi: 10.1016/0142-694X(91)90003-F.
- LIKKANEN, L. A. and PERTTULA, M. (2010) 'Inspiring design idea generation: insights from a memory-search perspective', *Journal of Engineering Design*. Taylor & Francis, 21(5), pp. 545–560. doi: 10.1080/09544820802353297.
- LLORCA-BOFÍ, J., REDONDO, E. and VORLÄNDER, M. (2019) 'Learning Room Acoustics by Design: A Project-Based Experience', *International Journal of Engineering Education*, 35(1B), pp. 417–423. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2579130>.
- LLORCA, J. and LLORCA, D. (2010) 'La Tourette y Metastaseis : de cómo ordena el material un arquitecto y un músico.', *Circuito de Arquitectura*, 1(7), pp. 5–16.
- LLORCA BOFÍ, J. (2014) *The generative, analytic and instructional capacities of sound in architecture: fundamentals, tools and evaluation of a design methodology*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- MORENO SORIANO, S. (2008) *Arquitectura y Música en el siglo xx*. Fundación. Barcelona.
- NORBERG-SCHULZ, C. (1965) *Intentions in architecture*. Cambridge: M. I. T. Press.
- O'DOHERTY, E. F. (1963) 'Psychological aspects of the creative act', in *Conference on Design Methods*. London: Pergamon Press.
- OLGAY, V., OLGAY, A., LYNDON, D., OLGAY, V. W., REYNOLDS, J. and YEANG, K. (1963) *Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press.
- PALLASMAA, J. (2012) *The eyes of the skin : architecture and the senses*. Wiley.
- PALMESE, C. and CARLES, J. L. (2005) 'Música y Arquitectura', *Scherzo*, 193(1).
- PERTTULA, M. and SIPILÄ, P. (2007) 'The idea exposure paradigm in design idea generation', *Journal of Engineering Design*. Taylor & Francis, 18(1), pp. 93–102. doi: 10.1080/09544820600679679.
- SHERIDAN, T. and VAN LENGEN, K. (2003) 'Hearing Architecture', *Journal of Architectural Education*. Blackwell Publishing Ltd, 57(2), pp. 37–44. doi: 10.1162/104648803770558978.
- SIO, U. N., KOTOVSKY, K. and CAGAN, J. (2015) 'Fixation or inspiration? A meta-analytic review of the role of examples on design processes', *Design Studies*. Elsevier, 39, pp. 70–99. doi: 10.1016/j.destud.2015.04.004.
- VASCONCELOS, L. A. and CRILLY, N. (2016) 'Inspiration and fixation: Questions, methods, findings, and challenges', *Design Studies*. Elsevier, 42, pp. 1–32. doi: 10.1016/j.destud.2015.11.001.
- XENAKIS, I. (2008) *Music and architecture : architectural projects, texts, and realizations*. Hillsdale: Pendragon Press.