

02-029

## PERCEIVED SENSE OF PEDESTRIANS SAFETY IN URBAN ENVIRONMENTS. AN ANALYSIS OF LIGHTING

Castilla-Cabanes, Nuria<sup>(1)</sup>; Llinares Millán, Carmen<sup>(1)</sup>; Bausset Martorell, Erik<sup>(1)</sup>; Blanca Giménez, Vicente<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universitat Politècnica de València

Achieving a city model where users feel safe when they walk around is one of the priorities of road safety. In this sense, many studies have focused on the objective risk of accident, identifying risk situations and their causes in relation to design. However, in addition to this objective component there is a subjective sense of insecurity. This subjective sense of insecurity must be taken into account because it has an emotional and behavioural effect on pedestrians.

The aim of the present work is to analyse this emotional component, using Kansei Engineering techniques. Within the design elements that make up the urban environment, lighting has been selected as a key factor, due to its influence on pedestrian safety and its aesthetic component. For that purpose, a field study was carried out in which 310 pedestrians assessed in situ the lighting of 18 urban spaces.

The results reflect the emotional response of pedestrians when assessing lighting in urban environments and the importance of this response in the perceived sense of security. These results will allow to improve the city's lighting environments in order to make them more secure.

**Keywords:** *Perceived safety; Kansei engineering; Lighting; Pedestrian; Urban design*

## LA SENSACIÓN DE SEGURIDAD PERCIBIDA DE LOS PEATONES EN ENTORNOS URBANOS. UN ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN

Conseguir un modelo de ciudad donde los usuarios se sientan seguros en sus desplazamientos es una de las prioridades de seguridad vial. En este sentido, son muchos los estudios centrados en el riesgo objetivo de accidente, identificando las situaciones de riesgo y sus causas en relación al diseño. Sin embargo, además de este componente objetivo existe una sensación subjetiva de inseguridad, a tener en cuenta por su efecto emocional y comportamental en los peatones.

El objetivo del presente trabajo es analizar este componente emocional, mediante técnicas de Ingeniería Kansei. Dentro de los elementos de diseño que componen el entorno urbano se ha seleccionado la iluminación como factor clave, por su incidencia en la sensación de seguridad de los peatones y por su componente estético. Para ello se realizó un estudio de campo en el que 310 peatones valoraron in situ la iluminación de 18 espacios urbanos.

Los resultados recogen la respuesta afectiva de los peatones para la valoración de los entornos luminosos y la importancia de esta respuesta en la sensación de seguridad percibida. Estos resultados permitirán mejorar los entornos lumínicos de la ciudad con el objeto de que se perciban más seguros.

**Palabras clave:** *Seguridad percibida; Ingeniería Kansei; Iluminación; Peatón; Diseño urbano*

Correspondencia: Carmen Llinares Millán; cllinare@omp.upv.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

La iluminación es un factor de diseño clave en las áreas urbanas. Su incidencia en la sensación de seguridad del peatón y en su actividad habitual al andar o circular por las vías urbanas ha sido objeto de interés de la comunidad científica. De hecho, la iluminación ha sido descrita a menudo como una materia que abarca tanto arte como ciencia (Loe & Rowlands, 1996). La luz condiciona la manera de ver y sentir del ser humano porque a la hora de proyectar un sistema de iluminación es necesario conciliar requerimientos físicos, fisiológicos y psicológicos (Bell & Page, 1981). Se ha demostrado que las condiciones de iluminación de un espacio pueden tener un impacto en los fundamentos de la vida humana: la salud, la seguridad y el bienestar (Boyce, 2003). Estos efectos pueden llegar a tener una repercusión muy importante en la iluminación de los espacios urbanos ya que además de la componente funcional, relacionada con la visibilidad y seguridad, existe también un importante componente estético. La luz permite componer espacios en los que el usuario observa cómo es la ciudad y le permite generar unos sentimientos personales en función de su experiencia. De esta forma, la iluminación del espacio urbano puede llegar a ser fuente de inspiración, admiración y emoción por lo que se considera fundamental que su diseño vaya ligado a cubrir las expectativas y necesidades de los ciudadanos con el objeto de diseñar espacios iluminados emocionalmente eficientes (Castilla, Linares, & Blanca, 2016).

Por otra parte, también es importante en el diseño de la iluminación exterior tener en cuenta la influencia de las características individuales y la dimensión de la personalidad de la confianza en el entorno físico (Johansson, Rosen, & Küller, 2010) ya que el uso del espacio urbano por la noche varía considerablemente según segmentos de la sociedad diferenciados por edad, sexo y la existencia o no de diversidad funcional.

Sin embargo, los estudios que han tratado de analizar la respuesta de los usuarios ante el ambiente luminoso proceden del ámbito de la psicología o de la ingeniería, con cuestionarios realizados por expertos y que no han tenido en cuenta en sus estudios los parámetros del diseño luminoso que puedan dar respuesta a las necesidades del usuario. En este sentido, la Ingeniería Kansei (también conocida como Ingeniería Emocional) (Nagamachi, 1989), técnica capaz de traducir los sentimientos de los usuarios en elementos de diseño concretos, resulta muy interesante. La principal ventaja que aporta frente a otras técnicas de análisis de preferencias (QFD, Análisis Conjunto, etc.) es que establece un marco adecuado para trabajar con atributos simbólicos y percepciones de los usuarios, expresadas en su propio lenguaje. La metodología Kansei propone la elaboración de cuestionarios basados en los conceptos que manejan los usuarios y no exclusivamente en los de los expertos. Esta necesidad es un hecho contrastado en muchos ámbitos del diseño de productos, donde se ha demostrado que conceptos percibidos por unos colectivos pueden tener significados diferentes en otros.

Son muy numerosas las aplicaciones de la Ingeniería Emocional sobre todo, en diferentes ámbitos del desarrollo de productos (Zhang & Wang, 2013)(Schütte, Eklund, Axelsson, & Nagamachi, 2004). Sin embargo, aunque las aplicaciones de la Ingeniería Kansei son numerosas, en el ámbito de la iluminación urbana han sido muy poco utilizadas hasta ahora. En este sentido, es de destacar el estudio sobre la iluminación urbana y la respuesta emocional del observador para proponer consideraciones respecto a su diseño (Calvillo, 2010).

## 2. Objetivos

El objetivo general del trabajo es analizar la incidencia de la iluminación de los espacios urbanos en la sensación de seguridad percibida de los peatones. Este objetivo general se desagrega en los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar el conjunto de factores representativos de la respuesta afectiva del peatón a la iluminación de las áreas urbanas.
2. Analizar la incidencia de las percepciones o impresiones afectivas del peatón en la valoración global del ambiente lumínico del área evaluada.
3. Analizar la incidencia de la iluminación en la sensación de seguridad percibida del peatón.
4. Analizar la relación entre la valoración global del ambiente lumínico de una zona urbana y la sensación de seguridad percibida del peatón.

## 3. Material y Métodos

La metodología se basa en un estudio de campo que se realizó durante los meses de junio y julio del año 2017 en la población de L'Alcúdia, Valencia. Una muestra de peatones valoraron "in situ" la iluminación artificial (en ausencia de iluminación natural) de un conjunto de áreas urbanas así como su sensación de seguridad y su bienestar en cuanto a la actividad de pasear en la zona.

### 3.1. Muestra

310 peatones participaron en el estudio (147 hombres y 163 mujeres). Los sujetos presentaban una distribución equitativa en la variable edad que se muestra en la Tabla 1.

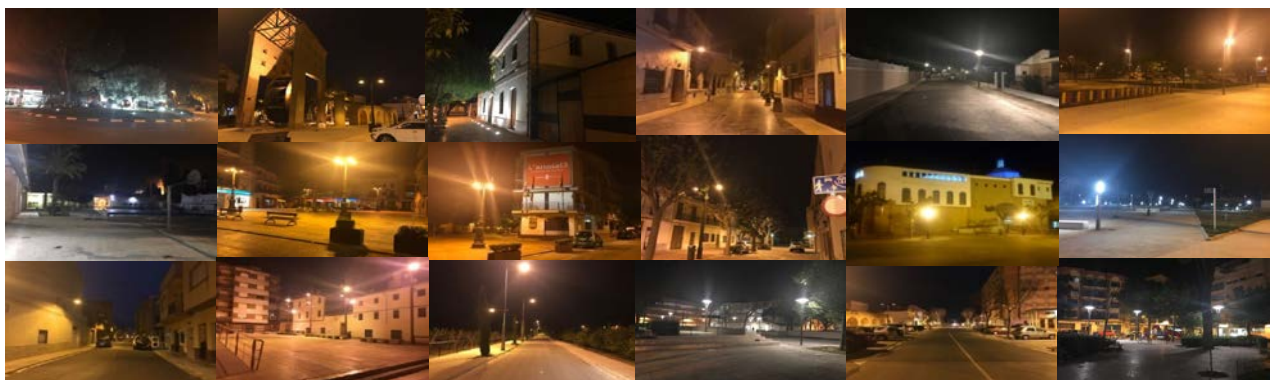
Tabla 1. Distribución de la muestra por sexo y edad

Sexo		Edad						
Hombre	Mujer	14-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	80-89
147	163	15	96	83	60	45	9	2
50.12%	49.88%	4.8%	31.0%	26.8%	19.4%	14.5%	2.9%	0.6%

### 3.2. Estímulos

Se agruparon los espacios del municipio por diferente tipología urbana y diferente tipo de iluminación. Se seleccionaron 18 espacios urbanos, entre más de 40 posibles, porque constituían las tipologías urbanas y lumínicas más representativas. La Figura 1 muestra el conjunto de espacios valorados.

Figura 1: Áreas urbanas valoradas en el estudio de campo



### 3.3. Cuestionario

El cuestionario recogía 3 tipos de variables:

1. variables objetivas que recogían información del sujeto como el sexo y la edad.
2. 33 ítems representativos de la respuesta afectiva del peatón al área urbana. Estos ítems se seleccionaron de un conjunto de adjetivos hallado a través de un proceso de recopilación de adjetivos a través de documentación científica, bibliografía especializada, páginas web y opiniones de usuarios. El listado inicial de palabras fue reducido a 33 adjetivos tras la aplicación del diagrama de afinidad (Terninko, 1997), una técnica que agrupa los conceptos en función de su afinidad o similitud. Estos adjetivos se incluían en el cuestionario con la expresión “*en mi opinión, el ambiente lumínico de esta área es...*”.
3. 2 variables de valoración global. Una de ellas recogía la valoración global del ambiente lumínico del área evaluada con la expresión “*en general, la zona está bien iluminada*” y la otra recogía la sensación de seguridad de la zona con la expresión “*el ambiente de esta zona me transmite seguridad*”.

Todos los ítems y variables del cuestionario fueron evaluados a partir de una escala de valoración Likert de 5 puntos (de -2 a 2) con la escala: *totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, indiferente, de acuerdo, totalmente de acuerdo*.

### 3.4. Desarrollo del estudio de campo

La metodología del estudio de campo se basaba en recoger la valoración de los peatones “in situ” en ausencia de iluminación natural, de forma que estaban inmersos en el estímulo a valorar. Los participantes debían completar los cuestionarios en el mismo espacio a valorar y tenían un tiempo de entre 5 y 15 minutos.

### 3.5. Tratamiento de datos

El análisis estadístico de las valoraciones se realizó utilizando el programa SPSS 16.0. En primer lugar se obtuvieron los factores representativos de la valoración lumínica de un área urbana. Este conjunto de factores recibe el nombre de campo semántico. Para ello se aplicó análisis factorial de componentes principales. Estos factores o ejes semánticos representan el esquema conceptual que utilizan los peatones para describir sus sensaciones sobre la iluminación de una zona urbana.

A continuación, se analizó la relación entre este conjunto de factores, dimensiones o ejes y las variables de valoración global (valoración global de la iluminación y sensación de seguridad percibida). Para establecer esta relación se utilizaron modelos de regresión lineal, tomando como variable dependiente cada una de las variables de valoración global y como variables independientes las dimensiones o factores de percepción. Finalmente, se analizó la relación entre la valoración global del ambiente lumínico de una zona urbana y la sensación de seguridad percibida del peatón, utilizando para ello el coeficiente de correlación de Spearman.

## 4. Resultados

### 4.1. Identificación del conjunto de factores representativos de la respuesta afectiva del peatón a la iluminación de las áreas urbanas

El análisis factorial agrupó las 33 expresiones del cuestionario en 5 ejes o factores capaces de explicar el 75.13% de la variabilidad de la varianza (Tabla 2).

**Tabla 2: Factores representativos del ambiente lumínico de un área urbana**

Análisis factorial					
	Componente				
	1	2	3	4	5
EXPRESIVO	,830	,303			
INTERESANTE	,824				
COLORIDO	,808				
PRECIOSO	,801	,368			
NECESARIO	,779				
CHULO	,779	,390			
CLARO	,776		,345		
ESTIMULANTE	,775				
AGRADABLE	,747		,460		
CÁLIDO	,736		,357		
CORRECTO	,709		,341	,301	
RECOMENDABLE	,687	,432	,331		
SALUDABLE	,679	,359	,344		
CONFORTABLE	,661	,367	,462		
PERFECTO	,653	,493			
MONUMENTAL	,638	,500			
MAGNIFICO	,602	,582			
ALEGRE	,591	,538	,338		
SUFICIENTE	,573	,360	,510		
NATURAL	,523	,491	,384		
NOVEDOSO		,837			
REFLEXIONADO		,732			
EFICIENTE		,627		,472	
DELICADO	,459	,536	,496		
LUMINOSO	,454	,468	,416		,360
NÍTIDO/DEFINIDO			,811		
IRRITADOR			-,749		
CUTRE	-,398		-,647		
CONVENCIONAL				,846	
UNIFORME				,767	
FUNCIONAL	,391			,643	
DESLUMBRANTE					,832
RESPLANDECIENTE					,727
<b>Varianza explicada</b>	<b>34.28%</b>	<b>14.76%</b>	<b>12.77%</b>	<b>7.70%</b>	<b>5.62%</b>

Se analizó la contribución de las variables originales a cada factor para determinar el concepto asociado a cada una de ellas, obteniendo los siguientes 5 factores o ejes:

- Factor 1: Este factor recoge la percepción del ambiente luminoso urbano como Expresivo/Interesante. Las palabras kansei que más contribuyen a este factor son “expresivo”, “interesante”, “colorido”, “precioso”, “necesario”, “chulo”, “claro”, “estimulante”, “agradable”, “cálidos” y “correcto”, entre otros. Este factor explica el 34.28% de la varianza de las variables originales.
- Factor 2: Este factor representa la sensación que el ambiente luminoso urbano es Novedoso. Los adjetivos en este factor se refieren a la percepción del ambiente luminoso como “novedoso”, “reflexionado”, “eficiente”, “magnífico” y “monumental”, entre otros. Explica el 14.76% de la varianza.
- Factor 3: El tercer factor representa la sensación del ambiente luminoso como Nítido/Definido. Incluye expresiones como “definido”, “suficiente”, “confortable”, “delicado”, “agradable” y “luminoso” y los opuestos a este factor, con correlaciones negativas, los adjetivos “irritador”, “cutre”. Este factor muestra el 16.14% de la varianza.
- Factor 4: Este cuarto factor está asociado a la sensación del ambiente luminoso urbano como Convencional/Uniforme, contiene los adjetivos “convencional”, “uniforme” y “funcional”. Consigue explicar el 7,70% de la varianza.
- Factor 5: Este factor incluye la percepción de que el ambiente luminoso es Deslumbrante. Las palabras kansei que más contribuyen a este factor son “deslumbrante”, “resplandeciente” y “luminoso”. Este factor explica el 5.62% de la varianza.

#### 4.2. Analizar la incidencia de la iluminación en la valoración global del área evaluada

El análisis de regresión identifica un modelo predictivo de la valoración del ambiente lumínico urbano formado por los 5 factores que representan la respuesta afectiva del peatón a la iluminación. La bondad del ajuste es adecuada con una R de 0.879. Existen dos factores con una contribución al modelo muy elevada, ambiente lumínico *expresivo/interesante* y *nítido/definido*, es decir, los peatones consideran un ambiente luminoso adecuado aquel que es expresivo (que transmite o genera sentimientos) e interesante. A continuación, y por orden de importancia, se encuentran los factores: *novedoso*, *convencional/uniforme* y *deslumbrante*, es decir, que también es importante que el ambiente luminoso urbano consiga transmitir al peatón la sensación de que es un ambiente lumínico *novedoso*, iluminado de una manera convencional desde el punto de vista de la uniformidad (sin espacios oscuros) y *deslumbrante*.

**Tabla 3: Incidencia de la iluminación en la valoración global del área urbana**

	B	SE	Beta	t	Sig.
(Constant)	.197	.033		5.996	.000
Expresivo/Interesante	.709	.033	.591	21.569	.000
Novedoso	.277	.033	.231	8.421	.000
Nítido/definido	.657	.033	.547	19.977	.000
Convencional/Uniforme	.267	.033	.222	8.111	.000
Deslumbrante	.173	.033	.145	5.276	.000
					R=.879

#### 4.3. Analizar la incidencia de la iluminación en la sensación de seguridad percibida del peatón

El análisis de regresión considera significativas el conjunto de dimensiones afectivas. El modelo obtenido tiene una capacidad de predicción muy elevada ( $R=.859$ ). El factor con mayor incidencia en la sensación de seguridad percibida es que el ambiente lumínico sea considerado por el peatón como expresivo/interesante y, a continuación, que se aprecie como nítido/definido. Estos dos factores presentan una contribución al modelo muy elevada. En este sentido, es importante señalar que el eje *Nítido/definido* parece estar relacionado con la sensación de que la iluminación es lo suficientemente adecuada como para generar también la sensación de confortabilidad. Estos resultados, concuerdan con los obtenidos por Boye et al. (2000) que encontraron que la iluminación es un factor importante para determinar la percepción de seguridad de las personas durante la noche. Posteriormente, y por orden de importancia, se encuentra que el ambiente lumínico sea apreciado como deslumbrante, novedoso y convencional/uniforme, es decir, que la hora de valorar un ambiente luminoso desde el punto de vista de la seguridad es importante que el peatón lo considere expresivo/interesante y nítido/definido pero también que se aprecie un nivel de iluminación importante (relacionado con la sensación de que es deslumbrante), se observe algún tipo de novedad en él (relacionado con la sensación de que es novedoso) y, por último, que se aprecie como convencional/uniforme. En este sentido, es ampliamente conocido que tanto la uniformidad de la iluminación como la presencia de deslumbramiento incapacitante también son importantes para la percepción de seguridad (Boyce et al., 2000).

**Tabla 4: Incidencia de la iluminación en la sensación de seguridad del peatón en el área urbana**

	B	SE	Beta	t	Sig.
<i>(Constant)</i>	.368	.035		10.648	.000
Expresivo/Interesante	.683	.035	.580	19.742	.000
Novedoso	.263	.035	.224	7.614	.000
Nítido/definido	.550	.035	.468	15.913	.000
Convencional/Uniforme	.192	.035	.163	5.549	.000
Deslumbrante	.382	.035	.325	11.048	.000
					R=.859

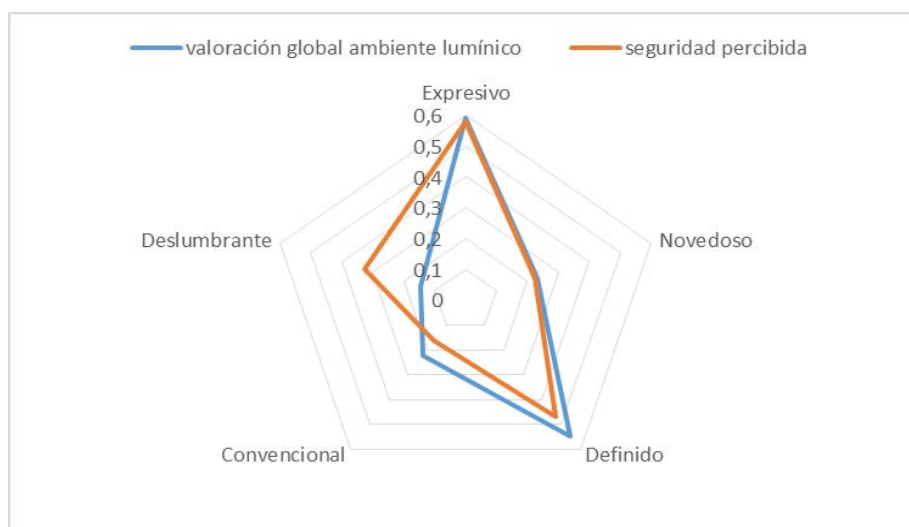
#### 4.4. Analizar la relación entre la valoración global del ambiente lumínico de una zona urbana y la sensación de seguridad percibida del peatón

Para analizar la relación entre las dos variables de valoración global, valoración del ambiente lumínico y sensación de seguridad percibida, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados muestran una correlación elevada entre ambas variables ( $\rho$  de Spearman=0.719, nivel de significación=0.000). Esto significa que cuando un ambiente lumínico es valorado por el peatón como que tiene una buena iluminación, la sensación de seguridad percibida aumenta, y viceversa.

A pesar de tener una correlación muy elevada parece interesante comparar los resultados de ambos modelos de regresión, con el objeto de comprobar si existe algún matiz que los diferencia.

La comparación de ambos análisis se recoge en la Figura 2. Según esta figura, se puede observar que todos los ejes son importantes para la valoración del ambiente luminoso, tanto de la valoración global como de la valoración de la seguridad percibida por el peatón en el área urbana. En ambos casos, lo más importante es que la iluminación sea percibida como expresiva/interesante y nítida/definida. La diferencia fundamental entre ambos modelos se produce en el factor *Deslumbrante*, que aparece como fundamental en el caso de la seguridad percibida y, sin embargo, no aparece tan importante en la valoración global. En cuanto al eje *Convencional*, es importante para la valoración global del ambiente luminoso pero no lo es tanto para la sensación de seguridad percibida del peatón.

**Figura 2: Comparación entre los modelos de la incidencia de la iluminación en la valoración global y en la seguridad percibida del peatón en el área urbana**



## 5. Conclusiones

El presente trabajo pretende analizar la incidencia de la iluminación de los espacios urbanos en la sensación de seguridad percibida de los peatones.

Para ello en primer lugar se extrajo la respuesta afectiva del peatón al ambiente lumínico de un área urbana. El análisis factorial identificó los siguientes factores o dimensiones: *Expresivo/interesante*, *Novedoso*, *Nítido/definido*, *Convencional/uniforme* y *Deslumbrante*. Estas dimensiones representan el conjunto de factores independientes que utilizan los peatones para describir sus impresiones sobre el ambiente lumínico de una zona urbana.

En cuanto a la valoración global del ambiente luminoso de una zona urbana, los dos factores que tienen mayor incidencia en la valoración global es que el ambiente lumínico se considere como *Expresivo/interesante* y *Nítido/definido*. Estos a su vez, seguidos por los factores: *novedoso*, *convencional/uniforme* y *deslumbrante*.

Por otra parte, para mejorar la sensación de seguridad de un peatón es necesario que el ambiente lumínico sea percibido *Expresivo/interesante* y *Nítido/definido*, es decir, que en primer lugar parece que el ambiente luminoso tiene que considerarse como *Expresivo/interesante*, es decir, que transmita sensaciones al peatón y que lo considere interesante y tiene que ser suficiente para que el entorno se vea bien definido, que no hayan espacios oscuros que provoquen inseguridad.



Existe relación entre ambas variables (valoración global del ambiente lumínico del aula y la sensación de seguridad percibida del peatón), es decir, que cuando una zona presenta una buena iluminación la sensación de seguridad percibida aumenta, y viceversa. Existen sin embargo matices en esta relación. La diferencia fundamental se produce en el factor *Deslumbrante*, que aparece como más importante en el caso de la seguridad percibida y, sin embargo, no aparece tan importante en la valoración global.

Estos resultados pueden ser de interés para diseñadores, ingenieros y arquitectos en el diseño de zonas urbanas que satisfagan las necesidades de los ciudadanos. Asimismo, estos datos pueden ser de utilidad a la hora de realizar modificaciones y adaptaciones en las instalaciones existentes.

La limitación más relevante del estudio es el hecho de que la experiencia tuvo lugar en espacios reales, lo que podría generar el hecho de que la combinación de diferentes elementos que pueden influir en la percepción viene dada por la disponibilidad de esas combinaciones en el espacio real. Para reducir el impacto de este sesgo, se siguió la solución empleada por Kish (1995) que consiste en incluir estas variables de manera totalmente aleatoria, de forma que aunque el sesgo todavía está presente, se reduce. Este estudio se centra en el análisis afectivo de la respuesta del usuario, en un análisis posterior se podría relacionar con las características objetivas de la iluminación y de esta forma, identificar esta relación.

#### 4. Referencias

- Bell, R. I., & Page, R. K. (1981). The need for a unified approach to interior lighting design parameters. *Lighting Research and Technology*, 13(2), 49–57.
- Boyce, P. R. (2003). *Human Factors in Lighting*. <http://doi.org/10.1201/9780203426340>
- Boyce, P. R., Eklund, N. H., Hamilton, B. J., & Bruno, L. D. (2000). Perceptions of safety at night in different lighting conditions. *Lighting Research and Technology*, 32(2), 79–91.
- Calvillo, A. (2010). *Luz y Emociones: Estudio sobre la influencia de la Iluminación Urbana en las Emociones*. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.
- Castilla, N., Llinares, C., & Blanca, V. (2016). Ingeniería Kansei aplicada al diseño lumínico de espacios emocionales. *Anales de Edificación*, 2(1), 7–11.
- Johansson, M., Rosen, M., & Küller, R. (2010). Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath. *Lighting Research and Technology*, 43(1), 31–43.
- Kish, L. (1995). *Survey Sampling*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Loe, D. L., & Rowlands, E. (1996). The art and science of lighting: A strategy for lighting design. *Lighting Research and Technology*, 28(4), 153–164.
- Nagamachi, M. (1989). *Kansei Engineering*. Tokyo: Kaibundo Publishing.
- Schütte, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., & Nagamachi, M. (2004). Concepts, methods and tools in Kansei Engineering. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(3), 214–231.
- Terninko, J. (1997). *Step-by-Step QFD: Customer-Driven Product Design*. (CRC Press, Ed.) (Second Ed.). Boca Raton, Florida.
- Zhang, F., & Wang, J. (2013). Application of Kansei Engineering in Electric Car Design. *Applied Mechanics and Materials*, 437, 985–989.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio del Interior-Dirección General de Tráfico. España (Proyecto SPIP2017-02220).