

Guía de diseño de *Smart Classrooms* basada en condiciones ambientales

Design guide for Smart Classrooms base on environmental factors

Pedro Moreno-Moreno 

Universitat Rovira i Virgili (España)
pedrogabriel.moreno@estudiants.urv.cat

Ramón Palau 

Universitat Rovira i Virgili (España)
ramon.palau@urv.cat

Recibido: 2/2/2023
Aceptado: 15/5/2023
Publicado: 1/6/2023

RESUMEN

El diseño de las aulas, espacios físicos donde se desarrolla el aprendizaje, está adquiriendo cada vez más protagonismo. Estudios recientes revelan que sus características condicionan, en gran medida, todo el proceso educativo y tienen efectos sobre docentes y alumnos. El control y gestión de los parámetros que las singularizan dirigen la atención hacia espacios de aprendizaje más inteligentes (Smart Classroom), donde el uso de la tecnología tiene una especial relevancia. En este contexto, este estudio propone un análisis de una de las dimensiones que las caracterizan (condiciones ambientales) y de las consecuencias que tienen sobre los usuarios. La investigación planteada como una investigación basada en el diseño (DBR, Design Based Research) parte de una revisión de literatura para determinar cuáles son los factores ambientales más influyentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y establecer ciertos valores paramétricos aceptables para cada uno de ellos dentro de los entornos escolares. La información obtenida es expuesta en un primer prototipo sobre diseño de aulas, la cual, tras una validación de expertos, se formaliza en la Guía de Diseño de *Smart Classrooms* basada en condiciones ambientales. En este documento, se formulan recomendaciones de diseño y uso de las aulas y se exponen otras consideraciones técnicas a tener en cuenta para que los agentes que intervienen en la creación, construcción y conformación de estos espacios sean conscientes de la cantidad de factores sobre los que pueden actuar para conseguir que estos espacios sean estimulantes, versátiles, flexibles, seguros, confortables y sostenibles. Se necesita aún más investigación en este sentido, pero este primer paso ayuda a entender que el diseño de los espacios de aprendizaje apoyado en el uso de la tecnología es una buena forma de alcanzar soluciones de aulas más inteligentes donde tienen cabida todas las propuestas metodológicas de enseñanza actuales.

PALABRAS CLAVE

Aula inteligente; escuelas; espacios de aprendizaje; guía de proyecto; requisitos ambientales.

ABSTRACT

The design of the classrooms, physical spaces where learning takes place, is acquiring more and more prominence. Recent studies reveal that its characteristics condition, to a great extent, the entire educational process and have effects on teachers and students. The control and management of the parameters that distinguish them direct attention towards more intelligent learning spaces (Smart Classroom), where the use of technology is especially relevant. In this context, this study proposes an analysis of one of the dimensions that characterize them (environmental conditions) and the consequences they have on users. The research raised as a design-based

research (DBR) starts from a literature review to determine which are the most influential environmental factors in the teaching-learning process and establish certain acceptable parametric values for each of them within school environments. The information obtained is exposed in a first prototype on classroom design, which, after validation by experts, is formalized in the definitive Smart Classrooms Design Guide based on environmental conditions. In it, design and use recommendations and optimal technical considerations are set out so that the agents involved in its gestation, construction, equipment and conformation are aware of the number of factors on which they can act to achieve stimulating, versatile, flexible, safe, comfortable and sustainable spaces. Even more research is needed in this sense, but this first step helps to understand that the design of learning spaces supported by the use of technology is a good way to achieve smarter classroom solutions where all the current teaching methodological proposals have a place.

KEYWORDS

Smart Classroom; school; learning spaces; project guideline; environmental requirements.

CITA RECOMENDADA:

Moreno-Moreno, P. y Palau, R. (2023). Guía de diseño de Smart Classroom basada en condiciones ambientales. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 14, 138-158. <https://doi.org/10.6018/riite.556001>

Principales aportaciones del artículo y futuras líneas de investigación:

- Concepto *Smart Classrooms* y factores ambientales que las condicionan.
- Recomendaciones de diseño y uso de las *Smart Classrooms*.
- Afección de las condiciones ambientales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías de aprendizaje han evolucionado sustancialmente en los últimos tiempos apoyadas en los nuevos avances tecnológicos (Kinshuk et al., 2016). Sin embargo, los espacios educativos se resisten a este cambio y siguen pensándose, en muchas ocasiones, como ambientes estáticos con nula repercusión sobre el proceso de aprendizaje (Mogas, 2021). Poco a poco, la tendencia que se va imponiendo es considerar que el entorno escolar debe adaptarse a nuevas formas de aprender y enseñar, donde se debe priorizar el aprendizaje activo y la implementación de prácticas educativas innovadoras para estimular la imaginación y la creatividad del alumnado (Al-Lal, 2021; Yang et al., 2012). El entorno físico influye en el estado emocional y en el comportamiento de estudiantes y docentes (Lewisnski, 2015), por lo que se requieren estudios centrados en verificar la influencia del diseño de los ambientes educativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Muñoz, 2016).

Si bien no se concreta un único modelo de aula, existen principios generales acerca de cómo los espacios físicos pueden crear entornos educativos que fortalezcan el proceso de enseñanza y el aprendizaje (Duyan y Rengin, 2016).

Lograr soluciones de diseño óptimas es un objetivo abrumador y desafiante. Sin embargo, en todo el mundo se están llevando a cabo gran cantidad de iniciativas educativas innovadoras en este sentido, donde los condicionantes físicos tales como la luz, la ventilación, la acústica o incluso el mobiliario son considerados como factores esenciales para garantizar entornos flexibles y confortables con alto grado de individualización (Wu et al., 2021).

Las Smart Classrooms o aulas inteligentes - definidas a partir de tres dimensiones: ambiental, de procesos o pedagógica y tecnológica o digital (Cebrián et al., 2020) - nacen con el propósito de atender a las necesidades actuales de la educación, donde las diferentes variables que las condicionan pueden ser medibles y ajustables para optimizar el aprendizaje. La dimensión ambiental tiene en cuenta las condiciones físicas del aula; la dimensión de procesos, el modo de enseñanza y aprendizaje; mientras que la dimensión tecnológica se refiere a los instrumentos digitales que se incorporan en el aula.

Sin duda, se hace necesario materializar el cambio de los espacios de aprendizaje, aprovechando las oportunidades que ofrece la tecnología, para monitorizar y procesar la información recibida con la que dar soluciones a diferentes situaciones que puedan surgir (Al-Hunaiyyan et al., 2017), garantizando el confort de los usuarios y velando por la eficiencia y el ahorro de energía.

1.1. Principales sustentos teóricos

Los cambios que experimentaron los espacios de aprendizaje durante el siglo XX no acompañaron a las nuevas metodologías y forma enseñanza (Mogas, 2021). Así, mientras que sí se produjo una evolución en todo lo concerniente a las diferentes estrategias pedagógicas, herramientas y recursos utilizados, currículo y organización de los diferentes estudios y disciplinas, e incluso en la propia forma de pensar de estudiantes y profesores, la configuración espacial de las aulas continuó con su formato tradicional: espacios más o menos rectangulares, dispuestos unos a continuación de otros y atiborrados de sillas y mesas frente a una pizarra.

Afortunadamente, la concepción de estos lugares donde se desarrolla el aprendizaje está siendo cuestionada y, durante las últimas décadas, están apareciendo investigaciones de diferente naturaleza, las cuales ponen en evidencia que el diseño de las aulas y sus entornos más inmediatos es parte sustancial del paradigma moderno de educación (Mogas y Palau, 2021) centrado en potenciar la autonomía de los estudiantes, el aprendizaje colaborativo y significativo y la atención a la diversidad (Al-Lal, 2021; Yang et al., 2012).

Al mismo tiempo, cada vez más, toda la comunidad educativa es consciente de la necesidad de reflexionar sobre el uso de la tecnología y otros dispositivos digitales dentro y fuera del aula; no como simples herramientas de enseñanza, sino como verdaderos instrumentos en los que fundamentar un aprendizaje más eficiente (Dron, 2018; Palau et al., 2019). Esto es, la plena inclusión de recursos que faciliten la labor docente y, que, a su vez, contribuyan a recopilar ciertos datos que permitan tomar decisiones argumentadas que afecten a la experiencia formativa (Al-Hunaiyyan et al., 2017).

Se está pasando de la concepción del aula tradicional enriquecida con tecnología a las *Smart Classrooms*, espacios flexibles, versátiles, confortables y sostenibles donde la tecnología tiene la capacidad de concienciar a los usuarios sobre el contexto donde se desarrolla el aprendizaje y de ajustar automáticamente sus parámetros ambientales (Li et al., 2015).

En esencia, las *Smart Classrooms* se delimitan por tres dimensiones: de procesos o metodológica, ambiental o relacionada con sus aspectos físicos, y tecnológica, la cual ayuda a fusionar las dos primeras y proporciona evidencias de los cambios producidos en el proceso de enseñanza y aprendizaje y en el contexto donde se desarrolla (Mogas et al., 2020).

Recientemente, estudios han corroborado la vinculación que tienen los factores ambientales en el proceso de aprendizaje (Barret et al., 2017). Desde sectores tales como la arquitectura, el diseño o la psicología se está comprobando que el cuidado de los espacios de aprendizaje influye notablemente en

la educación. La organización del espacio, el mobiliario, la iluminación, la temperatura, etc. son factores que han de tenerse en cuenta para mejorar el aprendizaje (Wu et al., 2021).

La iluminación y la regulación de la luz son parámetros que determinan la adecuación de los espacios a diferentes actividades (Ekasiwi et al., 2018; Ricciardi y Buratti, 2018). Disponer de una adecuada iluminación artificial que complementa a la iluminación natural, así como elementos para su control, serán básicos para fomentar el confort lumínico necesario en cada momento (Castilla et al., 2018; Llinares et al., 2021).

La calidad del aire interior del ambiente (IAQ) es fundamental para preservar la salud y el bienestar de los ocupantes de los edificios (Norazman et al., 2018; Rajagopalan et al., 2021). Niveles de IAQ inferiores a los recomendados afectan a los profesores y estudiantes, reduciendo su concentración, rendimiento y capacidad de atención (Istrate et al., 2016).

La temperatura, relacionada íntimamente con las condiciones de ventilación y humedad, condiciona enormemente el desarrollo del aprendizaje, pues tienen una alta influencia sobre la comodidad y salubridad de los espacios (Muñoz, 2018). Temperaturas fuera de los límites aceptables aumentan el riesgo de molestias y enfermedades (Amin et al., 2015), perjudican el aprendizaje al ralentizar el ritmo de los estudiantes (Aparicio-Ruiz et al., 2021) y disminuyen su interés y concentración (Zomorodian y Tahsildoost, 2017).

El confort acústico o adecuación de los niveles sonoros para no provocar daños ni molestias (Rifelli, 2021) es uno de los factores que más influye en el proceso de la enseñanza (Montiel et al., 2019). El exceso de ruido puede tener consecuencia para la salud de alumnos y profesores (Mogas et al., 2021) y también reducir la motivación y frenar el aprendizaje (Aguilar et al., 2020).

La confortabilidad y la personalización de espacios educativos está claramente condicionada por la disposición del mobiliario y la decoración (Barret et al., 2015). Macedo et al. (2014) vinculan la ergonomía del mobiliario con problemas de salud, y Castellucci et al. (2016) relacionan el diseño y las dimensiones del mobiliario con el rendimiento y las respuestas físicas de los estudiantes.

El color, lumínico y pigmento, afecta al comportamiento y al estado de ánimo de las personas (Vidal y Vera, 2020). Diferentes colores en paredes producen sensaciones diversas en los usuarios (Riffelli, 2021; Ru et al., 2019). Los colores claros apoyados con paramentos concretos de un color vivo estimulan el aprendizaje (Barret et al., 2015b); los colores cálidos promueven la relajación, mientras que los colores fríos se aconsejan para zonas donde se requiera una gran concentración (Duyan y Rengin, 2016; Llinares et al., 2012).

Por último, la configuración espacial de las aulas y la relación con su entorno más inmediato es un factor determinante para propiciar ambientes educativos integradores, innovadores y personalizables (Tanic et al., 2020). Ito y Yokoyama (2018) ligan la tipología del aula (abierta, semiabierta o tradicional) con el grado de concentración de los alumnos, mientras que Hartikainen et al. (2021) asocian el rendimiento académico con la actitud de alumno hacia la escuela y ésta, a su vez, con la forma en la que la viven y disfrutan sus espacios interiores y exteriores.

Conocer cómo influyen los diferentes factores en el proceso de enseñanza-aprendizaje ayuda a establecer una serie de criterios para abordarlos de forma eficaz a fin proponer sistemas de control y regulación (Mogas et al., 2021).

2. MÉTODO

2.1. Preguntas de investigación

Se plantean las siguientes preguntas de investigación a las que la investigación ha de dar respuesta:

- PR1. Dentro del concepto *Smart Classroom*, ¿qué parámetros ambientales influyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje? ¿De qué forma y modo?
- PR2. ¿Cómo se podría ayudar a la comunidad educativa a mejorar el entendimiento y difusión de la dimensión ambiental de las *Smart Classrooms*?

2.2 Objetivos

La investigación persigue el siguiente objetivo general:

- Elaborar una guía de diseño de *Smart Classrooms* considerando las condiciones ambientales que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Y los siguientes objetivos específicos:

- OE1. Identificar los factores ambientales que caracterizan las *Smart Classrooms*.
- OE2. Justificar la relación entre la variación de los parámetros físicos y ambientales de las *Smart Classrooms* y la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- OE3. Validar la propuesta de la guía de diseño de *Smart Classrooms* basada en condiciones ambientales.

Particularmente, los objetivos específicos OE1 y OE2 se vinculan a la pregunta PR1, mientras que el objetivo OE3 se asocian a la pregunta PR2.

2.3 Diseño de la investigación y análisis de datos

Se ha utilizado una metodología de Investigación Basada en el Diseño (DBR, del inglés Design Based Research) para desarrollar este trabajo. Su aplicación implica realizar un proceso sistemático y reiterado de recogida de datos, análisis de información, desarrollo y evaluación del producto de la investigación para obtener respuestas a un problema o una necesidad compleja.

En este caso, se ha dividido el procedimiento en tres fases o iteraciones (Plomp, 2013):

- Investigación preliminar con una revisión bibliográfica de literatura, con el propósito de utilizar las fuentes existentes relacionadas con el tema de estudio para situar el problema de la investigación y centrar el contexto teórico donde apoyar las decisiones que se han ido tomando durante todo el trabajo.
- Desarrollo del prototipo inicial, fundamentado en los datos recogidos en la fase anterior. En este paso, se ha creado un primer producto acorde a las necesidades de investigación y que responde a sus preguntas y objetivos.
- Evaluación por expertos. A fin de conseguir un producto final mejorado, se propone la implementación de un juicio de expertos que valore la adecuación de los resultados a los objetivos de la investigación y proponga medidas de mejora para su refinamiento.

De Benito y Salinas (2016) aseguran que “independientemente del número de etapas en que se divida el proceso, todos ellos incluyen una serie de acciones comunes como son: definición del problema, diseño, desarrollo, implementación y evaluación” (p. 49).

Además, otros autores sostienen que no se trata de un recorrido lineal, sino más bien un avance progresivo de ciclos sucesivos de refinado donde la construcción del conocimiento y el desarrollo de los productos se realiza de forma paralela (Romero-Ariza, 2014).

Conviene aclarar que este trabajo se ha abordado dentro de un periodo acotado en el tiempo lo que ha permitido formular ciertos objetivos alcanzables, aunque no ha sido posible cumplir completamente con todos los pasos de la metodología de la DBR, y se ha dejado para un momento posterior la implementación, aplicación y validación del producto final, dada la complejidad de la realidad de la investigación educativa (McMillan y Schumacher, 2005).

2.4 Proceso de recogida y análisis de datos.

La recolección de datos se ha realizado por diversas técnicas y herramientas, siguiendo el procedimiento metódico que se describe a continuación.

2.4.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una búsqueda sistemática fiable y reproducible, que seguía un protocolo de actuación y que permitirá a investigador llegar al mismo resultado eludiendo el sesgo y el error aleatorio (Prendes et al., 2017). Se seleccionaron dos de las principales bases de datos en educación: Web of Science (WoS) y Scopus, consideradas por Durán et al. (2018) como lo suficientemente adecuadas y representativas para la búsqueda de publicaciones científicas relacionadas con los aprendizajes inteligentes.

La metodología seguida implicó diversas fases y herramientas. En primer lugar, se procedió a la identificación y selección de artículos potenciales, y el registro en un gestor bibliográfico. Seguidamente, se etiquetaron y clasificaron y, por último, se examinaron bajo la perspectiva de la investigación que se estaba realizando.

La búsqueda inicial se realizó mediante la combinación de los siguientes términos: “school, learning spaces, classroom, design, proyect guideline, requeriment”, donde se incorporaron los operadores booleanos AND y OR, según el siguiente esquema:

- (School OR learning spaces OR classroom) AND (design OR proyect OR guideline OR requeriment)

Se acotó la búsqueda a las publicaciones referentes a artículos, comunicaciones de congresos y capítulos de libros de los últimos 10 años (2011-2021). Además, se limitó el idioma de los documentos al castellano e inglés. La cantidad obtenida fue de 3.203 (1332 en WoS y 1871 en Scopus). A partir de aquí se siguió el siguiente proceso:

1. Gracias a un gestor bibliográfico (Mendeley) se descartaron 1576 artículos (105 estaban duplicados en ambas bases de datos; y 1471 no pertenecían al campo de la arquitectura o el diseño de edificios educativos y, por tanto, quedaban alejados del tema de la investigación).
2. Se examinó el título de los restantes (1627) y se excluyeron aquellos que no correspondían al campo de estudio. En total se rechazaron 1399 y se escogieron 228.

La organización de estos artículos se diseñó una hoja de cálculo en la que se recogía la siguiente información: autor, tema, título, observaciones, DOI/ISBN y UT (Unique ID).

3. Se procedió a la lectura de los resúmenes de 195 de los títulos seleccionados, pues 16 no eran elegibles para extraer información y otros 17 no pudieron encontrarse. Se descartaron 153 por diversos motivos: muy genéricos, no descargables, no aportan nada significativo, sin relación o muy similar a otros. Por tanto, se identificaron 42 documentos apropiados como referencias para desarrollar el trabajo de investigación.

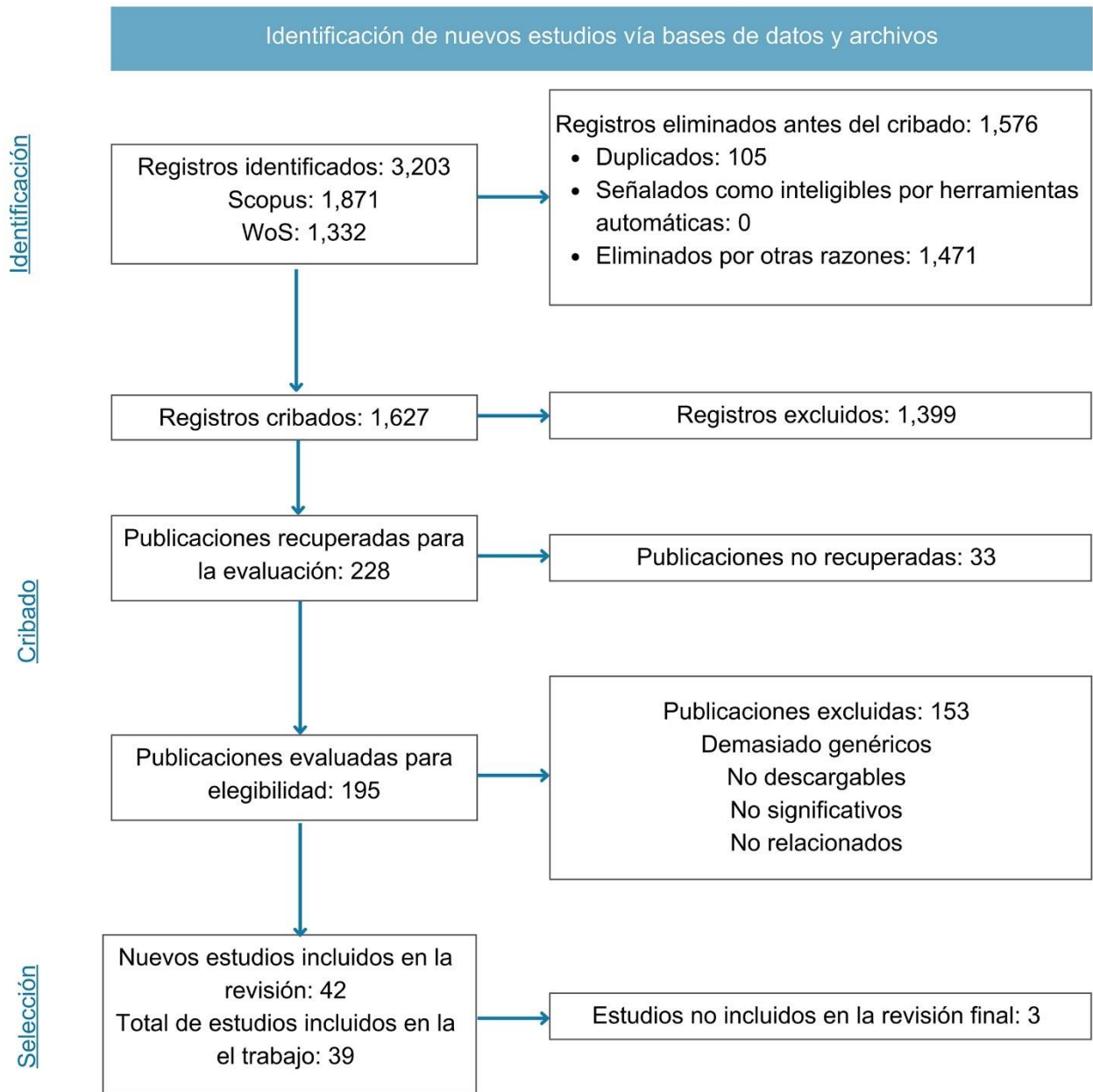
Estos documentos se clasificaron en los siguientes temas: Iluminación (9), Temperatura (9), Acústica (7), Calidad del aire (6), Distribución espacial (3), Mobiliario (2), Construcción (2), Aspectos generales (2), Color (1) y Otros (1).

A partir de aquí, se creó una plantilla con los datos más relevantes de cada uno de ellos (clasificación, año de publicación y país, título, autores, enlace o DOI, resumen, metodología, discusión y conclusión).

4. Por último, tras la lectura completa de los artículos, se agruparon definitivamente en 8 bloques: 7 sobre factores ambientales (Iluminación, temperatura, acústica, calidad del aire, distribución espacial, mobiliario y color) y 1 sobre el concepto y características de las *Smart Classrooms*. Se eliminaron, pues, los artículos descritos con las etiquetas “construcción” y “aspectos generales” ya que no incluían información relevante para esta investigación o la que presentaban era demasiado específica y técnica.
5. En el momento de la redacción del marco teórico se añadieron otros documentos al listado anterior (artículos, guías, normas técnicas y legislación) encontrados, en primer lugar, a partir de las referencias incluidas en las investigaciones de la revisión sistematizada y, en segundo lugar, de una exploración explícita de términos concretos (factor ambiental AND learning spaces) en motores de búsqueda académicos como Google Scholar, Dialnet y ScienceResearch y el buscador generalista Google.

Definitivamente, se trabajó con un total de 39 artículos. Se descartaron en un último paso los artículos referidos a “construcción” (2) y “otros” (1) y se mantuvieron el resto de las categorías y su cantidad descritas en el paso 3. En la figura 1 se presenta el diagrama de flujo PRISMA 2020, donde se sintetiza la evidencia que permite comprender rápidamente el procedimiento básico utilizado para la criba y selección de referencias.

Figura 1
Representación gráfica del proceso de revisión bibliográfica



Nota. Diagrama elaborado mediante el generador de diagramas de la Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) website.

2.4.2 Cuestionario

Se decidió elaborar el cuestionario con Microsoft Forms y enviarlo a través de las cuentas de correo profesionales de expertos previamente seleccionados, en su mayoría educadores y arquitectos, algunos con vasta experiencia en el campo de la investigación. Tras revisar las respuestas de los participantes, se constató que los perfiles profesionales de los expertos se clasificaban en investigadores (25%), docentes (27%), arquitectos (27%), directores de centros educativos (13%) y otros (8%), todos con un alto grado de experticia en el diseño y/o uso de espacios educativos, lo que confirmaba su competencia para la validación del documento remitido.

El formulario se dividió en 8 secciones: una por cada factor ambiental (iluminación, temperatura, acústica, calidad del aire, distribución espacial, mobiliario y color), y una preliminar con preguntas más personales que ayudaba a describir los perfiles profesionales de los expertos (profesión, años de experiencia en el campo objeto de estudio...).

Concretamente, para cada ítem (exceptuando el inicial) se establecieron 4 preguntas: tres cerradas de respuesta única basadas en la escala de Likert (1-5), donde el nivel más bajo (1) se correspondía con un grado total de disconformidad y el nivel más alto (5) con un grado total de conformidad para cada declaración seleccionada; y una abierta que permitía recoger opiniones y sugerencias del encuestado, a fin complementar sus valoraciones en alguna parte concreta del formulario.

El documento virtual generado se basó en los indicadores que Escobar y Cuervo (2008) incluyeron en la plantilla de validación del juicio de expertos.

- Comprensión, relacionada con la categoría de claridad.
- Pertinencia, para determinar si el ítem está relacionado con el factor concreto.
- Relevancia, para discernir si el ítem es esencial o, por el contrario, no es importante y debe ser excluido.

2. RESULTADOS

3.1. Revisión y análisis de literatura

La primera fase “revisión y análisis de literatura” es necesaria en cualquier tipo de investigación y constituye un paso previo ineludible. En sí misma no puede ser considerada procedimiento específico de obtención de resultados si el estudio no se plantea como una revisión sistemática de la literatura en torno a un tema específico. Sin embargo, por mantener la coherencia con las fases cíclicas de la DBR (análisis, diseño, evaluación y revisión), se ha incluido en este apartado toda la información recabada gracias a este instrumento, sabiendo que no es en sí mismo el objetivo de la investigación, sino un instrumento para alcanzarlo en la denominada fase preliminar.

En análisis de contenidos de los trabajos resultantes de la revisión bibliográfica permitió concretar el concepto de Smart Classroom. También ayudó a enumerar los factores ambientales que, según diversos autores, se han de tener en cuenta en el diseño y uso de aulas y en la incorporación de sistemas para su control y gestión. Por último, proporcionó información relevante acerca de la influencia que tienen estos factores sobre el proceso de enseñanza aprendizaje.

Fundamentalmente, se encontraron dos tipos de investigación relacionadas con el objeto del estudio: cuantitativas de corte experimental con desarrollo de prototipos, modelos o instrumentos donde mediante el control de las diferentes variables se busca la relación causa-efecto; y cualitativos presentados como estudios de caso donde se estudia un caso concreto elegido por su singularidad o representatividad de un tema concreto.

A continuación, se resumen de las características más importantes de los artículos analizados:

Tabla 1*Resumen de las características de los trabajos analizados tras el proceso de revisión de la literatura*

Factor	Referencia	Enfoque	Tipo
Iluminación	Abdelatia et al. (2018)	Mixto	Estudio de caso y modelo experimental
	Castilla et al. (2018)	Cualitativo	Estudio de caso
	Chen et al. (2015)	Cuantitativo	Experimental
	Ekasiwi et al. (2018)	Cualitativo	Estudio de caso
	Llinares et al. (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
	Monteoliva y Pattini (2013)	Mixto	Estudio de caso y modelo experimental
	Palme et al. (2013)	Cualitativo	Estudio de caso
	Setiati y Budiarto (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
Yu et al. (2014)	Mixto	Estudio de caso y modelo experimental	
Calidad del aire	Budiakiva (2016)	Cualitativo	Estudio de caso
	Chiang et al. (2013)	Cuantitativo	Experimental
	De Giuli et al. (2014)	Cualitativo	Estudio de caso
	Istrate et al. (2016)	Cualitativo	Estudio de caso
	Norazman et al. (2018)	Cualitativo	Estudio de caso
	Rajagopalan et al. (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
Temperatura	Amin et al. (2015)	Cualitativo	Estudio de caso
	Aparicio-Ruiz et al. (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
	Cavaleiro et al. (2020)	Mixto	Estudio de caso y modelo experimental
	Dias et al. (2014)	Cualitativo	Estudio de caso
	Muñoz (2018)	Cuantitativo	Experimental
	Ramírez y Hamza (2018)	Cualitativo	Estudio de caso
	Reza y Kojima (2020)	Cuantitativo	Experimental
	Tagliabue et al. (2020)	Mixto	Estudio de caso y modelo experimental
	Zomorodian y Tahsildoost (2017)	Cuantitativo	Experimental

Acústica	Aguilar et al. (2020)	Cuantitativo	Experimental
	Greenland y Shield (2011)	Cualitativo	Estudio de caso
	Mogas et al. (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
	Montiel et al. (2019)	Cualitativo	Estudio de caso
	Pelegrín et al. (2014)	Mixto	Revisión sistemática y modelo experimental
	Ronsse et al. (2013)	Cualitativo	Estudio de caso
	Wroblewska (2010)	Cualitativo	Revisión sistemática
Mobiliario	Castellucci et al. (2016)	Cualitativo	Revisión sistemática
	Macedo et al. (2014)	Cualitativo	Estudio de caso
Color	Ogita y Pothong (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
Distribución espacial	Ito y Yokoyama (2018)	Cualitativo	Estudio de caso
	Hartikainen et al. (2021)	Cualitativo	Estudio de caso
	Tanic et al. (2020)	Cuantitativo	Experimental
Otros (Smart Classroom)	Bautista et al. (2019)	Cualitativo	Investigación-acción

3.2. Juicio de expertos

Los resultados obtenidos en la revisión de la bibliografía fundamentaron el diseño del primer prototipo de la guía de diseño de *Smart Classrooms* (estructura y contenido). Este documento presentaba una estructura sencilla de fácil comprensión para el usuario: un apartado introductorio, una sección por cada uno de los factores ambientales y un glosario final.

Esta primera versión fue testeada por los expertos gracias a un cuestionario que recogía los apartados más relevantes de la guía (factores ambientales). En el formulario se excluyeron las fotografías y las referencias por no considerarlas importantes para la evaluación del documento.

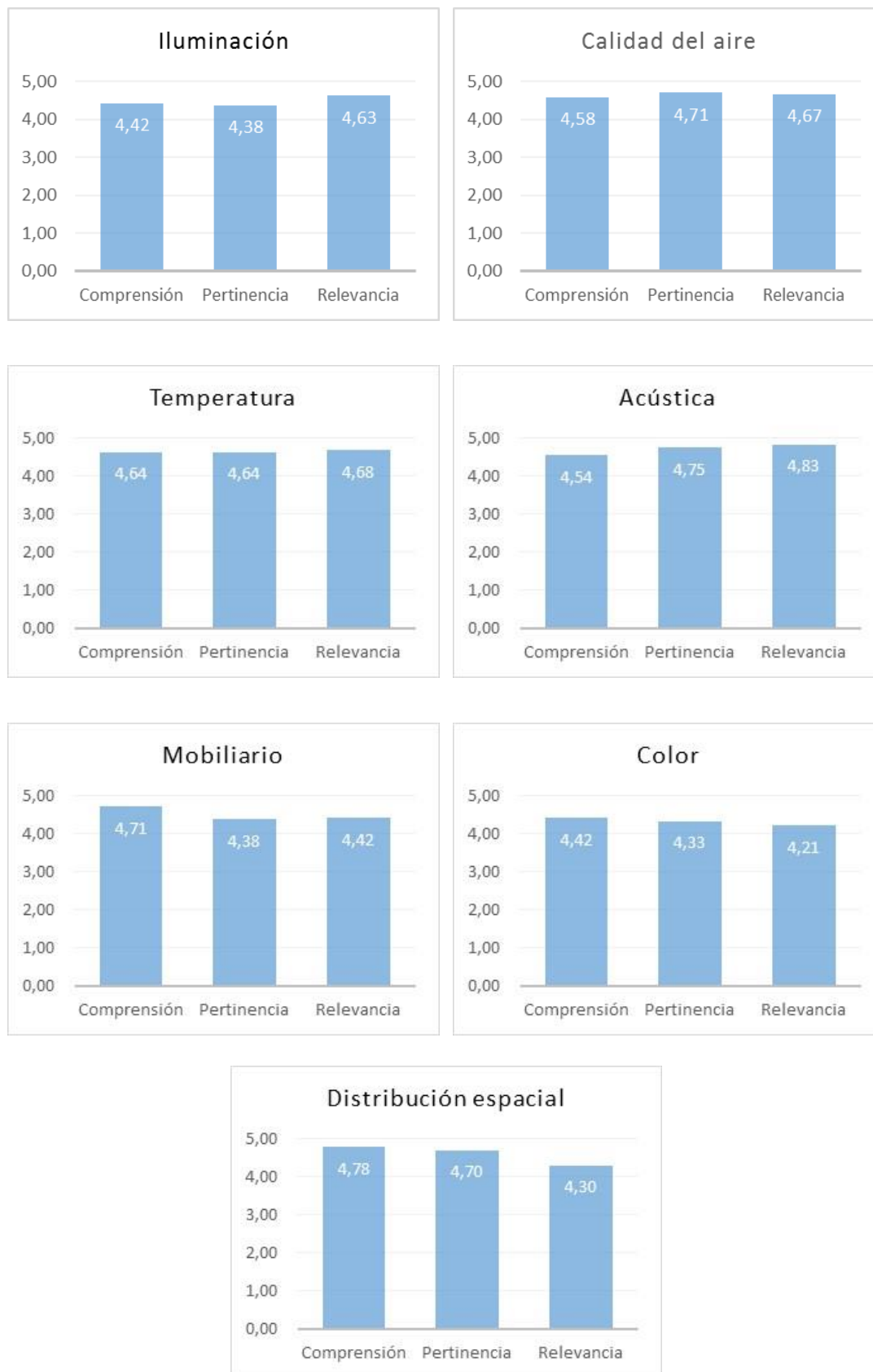
A continuación, se presentan los resultados de este formulario de validación.

Por un lado, se analizaron las puntuaciones mediante el uso de la herramienta Excel de Microsoft donde se aporta una visión descriptiva de los resultados y, por otro, se analizaron se trataron cualitativamente a partir de las observaciones aportadas por los expertos. Cabe destacar que estos comentarios adicionales fueron la clave para el refinamiento y mejora de la versión definitiva de la guía de diseño.

En los gráficos de la figura 2 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las dimensiones del cuestionario analizadas:

Figura 2

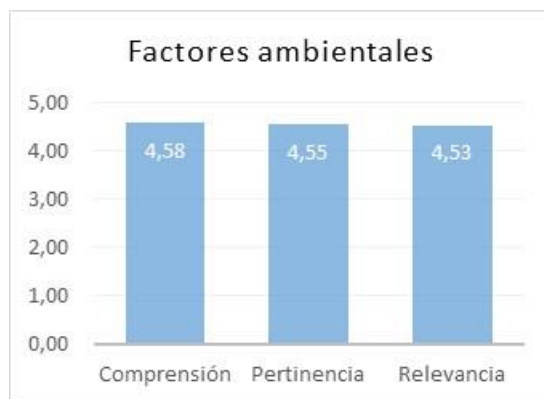
Datos cuantitativos extraídos del formulario de validación "Smart Classroom: Guía de diseño"



Atendiendo en su conjunto a todos los factores, se observa en la figura 3 que todas las dimensiones se sitúan por encima del 4,50.

Figura 3

Valores de las dimensiones analizadas para el conjunto de todos los factores ambientales



Si se consideran las sugerencias y comentarios aportados por los expertos, se puede manifestar que fueron muy constructivos y que, junto con las valoraciones cualitativas, permitieron reformar el prototipo inicial para conseguir una versión mejorada.

Inicialmente, se realizó una revisión de las cuestiones generales que afectaban a todas las secciones, para, después, centrar el análisis en aspectos particulares de cada factor ambiental.

En algunos apartados se repetían ciertas observaciones relacionadas con errores gramaticales o excesos de espacios entre las palabras. También se pidieron aclaraciones acerca de los gráficos o ilustraciones. Además, para el análisis de cada factor se agruparon los comentarios en los siguientes temas: importancia e interés, exposición y redacción, cantidad y calidad de información y datos adicionales.

En resumen, los expertos - con sus comentarios - acentuaron la importancia de los factores tales como la iluminación, la calidad del aire, la temperatura y la acústica. En menor medida, el mobiliario y el color y casi no comentaron nada relativo a la composición espacial, aseverando que era un elemento muy complejo para tratarlo juntamente con otros elementos.

En la mayoría de las secciones aparecían observaciones para mejorar la exposición de la información y hacerla más comprensible. En algunas ocasiones, era algo generalizado como en el apartado “el color” y en otras más puntual (iluminación).

En su conjunto, la cantidad y calidad de información presentada eran suficientes para la mayoría de los expertos, pero matizaron ciertas cuestiones que pudieran tener cabida en el formato actual de la investigación. Por ejemplo, considerar la ocupación del aula para verificar el nivel sonoro.

Para terminar, también aportaron recomendaciones para completar los apartados. Es el caso de la temperatura, donde se sugirió que se tuviera en cuenta la latitud para redactar las condiciones óptimas lumínicas.

3. DISCUSIÓN

En cualquier investigación se debería verificar que la metodología empleada, el diseño y los procedimientos utilizados posibilitan alcanzar el objetivo principal.

Se puede apreciar que la mayoría de las investigaciones analizadas correspondían a estudios de caso (58%), seguidas muy de lejos por los ensayos experimentales (18%), y la combinación de ambos bajo un enfoque mixto (16%). También se han referenciado artículos que realizan revisiones sistemáticas de literatura (5%) y un único artículo que propone la metodología cualitativa de la investigación-acción (3%). Estos datos apoyan lo expresado por Valverde-Berrocoso (2016) cuando indica que los trabajos de investigación de tecnología educativa más frecuentes suelen ser los estudios de caso y los estudios cuasi-experimentales, aunque sus porcentajes - 36% y 27%, respectivamente - sea muy diferentes a los extraídos a partir de esta investigación.

A tal respecto, el modelo DBR propuesto pudiera parecer muy ajeno a lo que suele ser habitual. Sin embargo, cada vez más autores apuestan por planteamientos metodológicos de este tipo donde se vinculan investigación, diseño educativo e innovación (Rodríguez y Valldeoriola, 2009). Es curioso no haber encontrado ningún estudio, relacionado con el tema de esta investigación, que utilice este sistema DBR para reflexionar y examinar el diseño y uso de las *Smart Classrooms* como entornos de aprendizaje innovadores, donde la interacción de todos los agentes que intervienen en el proceso educativo puede, y debe, quedar garantizada (Baydas et al., 2015).

Es evidente que no se disponían datos propios para establecer criterios de aplicación para cada uno de los factores reseñados. Sin embargo, el análisis de la literatura – como fase previa para describir el marco teórico – permitió obtener información a partir de las investigaciones realizadas por otros autores.

En definitiva, en relación con el método empleado para la investigación, se puede afirmar que la DBR, donde se incluye una revisión bibliográfica de publicaciones científicas, constituye un buen modelo para alcanzar el objetivo previsto y que puede ser el comienzo donde sustentar investigaciones futuras basadas en otras metodologías.

Seguidamente, se analizan aspectos relativos a la cantidad y calidad de la información encontrada. Tras una larga búsqueda de información, más allá del análisis sistemático, se halló la investigación realizada por Barret et al. (2015). Esta investigación, planteada como estudio de caso, es quizás uno de los pocos ejemplos que se han encontrado donde se aportan datos agrupados de todos los factores ambientales que condicionan las *Smart Classrooms* con el objetivo de proporcionar respuestas prácticas a los parámetros de diseño arquitectónico. La gran mayoría de investigaciones apunta en una única dirección, con un objetivo específico orientado a uno de estos elementos. En este sentido, Mogas et al. (2020) indican que “hasta el momento se habían estudiado las condiciones ambientales del aula de forma tangencial o asilada, mientras que el aula inteligente ya sitúa estas condiciones en el seno de su caracterización” (p.3169).

Y, por último, se contrastan los resultados obtenidos con el punto de partida. Los temas relativos a la iluminación, acústica, térmica y calidad del aire son los más recurrentes y también los más valorados entre los expertos a los que se les pidió que hiciesen el formulario de validación. El mobiliario y el color no están presentes en demasiados artículos científicos relacionados con la educación y, además, han sido los que han obtenido puntuaciones más bajas, quizás motivadas por una falta de entendimiento de los apartados correspondientes. La configuración de los espacios, si bien está muy presente en temas

relacionados con la arquitectura y el diseño de edificios, no lo está tanto cuando se habla de proceso de enseñanza y uso de espacios docentes.

Tomando como referencia el estudio realizado por Barret et al. (2015), quienes clasifican los factores ambientales en tres categorías: (1) Naturalidad, (2) individualización y (3) estimulación; y consideran que la primera es la responsable de la mitad del impacto en el aprendizaje y las otras dos de un 25%, se realizó una primera comparación con los que se han incluido en la guía de diseño de las *Smart Classrooms*.

Por su parte, Mogas et al. (2020) sólo citan los siguientes factores ambientales para caracterizar los entornos inteligentes de aprendizaje: acústica, iluminación, calidad del aire y humedad y temperatura. Palau y Mogas (2019) añaden a los anteriores el diseño de espacios y el equipamiento y el consumo de electricidad y producción.

Seguramente estas diferentes clasificaciones de los factores responden a cuestiones temporales y de contexto.

Los resultados del formulario de validación hacen pensar que la estructura final de las secciones de la guía es correcta. Ya se ha comentado que otros autores plantean una distribución de factores ambientales algo distinta (Barret et al., 2013), aunque la tendencia actual, al menos en el contexto español, es la establecida por Palau y Mogas (2019).

Tomando como válida la organización escogida, en consonancia con estos últimos, se ha comprobado que la comprensión, la pertinencia y la relevancia de todos los factores es significativa. No se ha percibido de modo general nada que indicase que alguno de los factores no era lo suficientemente relevante. En este sentido, no se ha encontrado en ninguna investigación factores diferentes a los incluidos en la guía, excepto si se tiene en cuenta a Barret et al. (2015) según lo comentado anteriormente.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha elaborado con el fin de responder a un objetivo muy claro, marcado como el propósito de la investigación. Para tal fin, se ha presentado una conceptualización de los factores ambientales que afectan al aula y de los parámetros que los delimitan con la intención de favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El control y regulación tanto de estos condicionantes físicos, así como la de los procedentes de las dimensiones digitales y pedagógicas o de procesos, constituyen la base para caracterizar las *Smart Classrooms* (Palau y Mogas, 2019). Parece ya un hecho que no se puede mejorar la educación sin tener en consideración la forma en que enseñamos y aprendemos, los instrumentos, herramientas y recursos que utilizamos y la configuración de los espacios donde lo realizamos (Mogas et al., 2020).

Se ha puesto de manifiesto que pocos autores han abordado el problema del diseño de las *Smart Classrooms* desde una perspectiva global, aunque también es cierto que, cada vez más investigadores, están llevando a cabo esta labor, pues se ha entendido que no pueden individualizarse sus condiciones para establecer conclusiones aisladas.

Con relación a esta primera consideración, se puede asegurar que se ha contestado a la primera pregunta de la investigación: “PR1. Dentro del concepto Smart Classroom, ¿qué parámetros ambientales influyen en los procesos de enseñanza-aprendizaje? ¿De qué forma y modo?”. Para

identificar estos parámetros ha habido que concretar un marco teórico de referencia basado en trabajos previos. Finalmente se han establecido 7 categorías: iluminación, calidad del aire, temperatura, acústica, mobiliario, color y distribución espacial. Para cada una de ellas, se ha elaborado un apartado específico donde además de pautas concretas de actuación, y se ha incorporado aclaraciones sobre ciertos términos relacionados y su influencia sobre el proceso educativo.

La segunda pregunta de investigación “PR2. ¿Cómo se podría ayudar a la comunidad educativa mejorar el entendimiento y difusión de la dimensión ambiental de las *Smart Classrooms*?” tenía un rasgo más práctico y estaba enfocada a la creación de un producto que especificara - de modo sintético - los puntos básicos a examinar para cada factor ambiental y que, al mismo tiempo, precisara recomendaciones y requisitos de diseño, técnicos y de uso.

El resultado de todo el proceso se materializa en la guía de diseño de *Smart Classrooms* que, tras una validación por parte de expertos, contiene la información relevante que sirve de referencia a sus usuarios (arquitectos, investigadores, gestores de centros educativos y docentes) para tomar decisiones fundamentadas y mejorar la concepción de estas aulas y con ello el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estos argumentos no tendrían sentido en la actual investigación llevada a cabo si no se aclarase que la pretensión última no es que cada uno de estos agentes controle personalmente los parámetros correspondientes, sino la de establecer un sistema de control y regulación automatizado, apoyado en la tecnología, donde el concepto Smart Classroom adquiera todo su significado.

4.1. Limitaciones

El trabajo se ha caracterizado por un procedimiento riguroso en la metodología de la investigación, aunque, precisamente por este motivo, se han hecho patentes ciertas limitaciones sobre las que cualquier lector debería reflexionar antes de formarse una opinión sobre el mismo:

A pesar de que en la revisión de literatura no se acotó geográficamente el tema de estudio (se analizaron tanto artículos nacionales como internacionales), la guía de diseño responde al contexto español. Esta decisión se justifica por el hecho de que los requerimientos técnicos y legales que afectan al diseño de las aulas varían dependiendo del país e incluso del lugar concreto donde se proyectan.

Los factores ambientales definitivos que aparecen en la guía son los sugeridos por la mayoría de las publicaciones analizadas en el momento de la investigación. Es posible que pudieran modificarse de acuerdo con criterios futuros sobre los que no se tiene ningún control.

La falta de evidencias científicas sobre cómo se comportan los diversos factores cuando actúan conjuntamente hace suponer que alguna información pudiera alterarse cuando posteriores investigaciones aporten algo más de luz sobre este tema concreto.

Otra limitación extraída del empleo de este formulario ha sido el lenguaje utilizado. Si bien se ha empleado nomenclatura y descripciones del ámbito técnico (arquitectura e ingeniería), no todos los expertos consultados pertenecen a este ámbito profesional y, a veces, se han visto desbordados al no tener los conocimientos técnicos necesarios para comprenderlo completamente.

Para terminar, es importante indicar que el juicio de expertos no ha formado parte de una iteración de fases consecutivas, como sería aconsejable en una investigación DBR completa: la versión definitiva de la guía no ha sido testada.

4.2. Propuestas o líneas de futuro

Se ha constatado en la limitación expresada en último lugar que esta investigación basada en el diseño adolece de plantear un proceso completo que se presupone para esta metodología: ciclos repetidos para el análisis, diseño, desarrollo y evaluación de los productos que dan respuesta al problema o necesidades complejas (Plomp, 2013).

No obstante, este inconveniente también constituye una oportunidad magnífica para continuar con la labor iniciada. Precisamente, esta es una de las grandes ventajas de la DBR frente a otras formas de abordar la investigación, y es que los productos elaborados en cada una de las fases pueden ser utilizados en otros proyectos, en la misma línea o en otra completamente distinta (Easterday et al., 2018). También, como recurso de apoyo para implementar sistemas de control y regulación de las condiciones ambientales de las *Smart Classrooms*.

Investigaciones adicionales podrían ayudar a completar la información contenida en la guía de diseño. Para llevar esto a cabo, se debería contar con la ayuda de personas especializadas en cada uno de los ámbitos para conseguir pormenorizar los rasgos que definen cada factor y dar más confiabilidad a los hallazgos realizados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. J., de la Hoz, M. L., Martínez, M. D. y Ruiz, D. P. (2020). Management of acoustic comfort in learning spaces using building information modelling (BIM). *Occupational and Environmental Safety and Health II*, 409–417. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_44
- Al-Hunaiyyan, A., Al-Sharhan, S. y Alhajri, R. (2017). A new mobile learning model in the context of smart classroom environment: A holistic approach. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11(3), 39-56. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i3.6186>
- Al-Lal, F.M. (2021). Aula inteligente: Definición y evolución. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 12(2), 96-118. <https://bit.ly/3NydHme>
- Amin, N. D. M., Akasah, Z. A. y Razzaly, W. (2015). Architectural evaluation of thermal comfort: Sick building syndrome symptoms in engineering education laboratories. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 204, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.105>
- Aparicio-Ruiz, P., Barbadilla-Martín, E., Guadix, J., y Muñuzuri, J. (2021). A field study on adaptive thermal comfort in Spanish primary classrooms during summer season. *Building and Environment*, 203, 108089. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108089>
- Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J. y Kobbacy, K. (2013). A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning. *Building and Environment*, 59, 678–689. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.016>
- Barrett, P., Zhang, Y., Davies, F. y Barrett, L. (2015). *Clever Classrooms*. Amsterdam University Press.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y. y Barrett, L. (2015b). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., y Barrett, L. (2017). The holistic impact of classroom spaces on learning in specific subjects. *Environment and Behavior*, 49(4), 425-451. <http://doi.org/10.1177/0013916516648735>

- Baydas, O., Kucuk, S., Yilmaz, R. M., Aydemir, M., y Goktas, Y. (2015). Educational technology research trends from 2002 to 2014. *Scientometrics*, 105(1), 709-725.
<http://doi.org/10.1007/s11192-015-1693-4>
- Castilla, N., Llinares, C., Bisegna, F., y Blanca-Giménez, V. (2018). Affective evaluation of the luminous environment in university classrooms. *Journal of Environmental Psychology*, 58, 52–62.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.07.010>
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., Molenbroek, J. F. M., de Bruin, R. y Viviani, C. (2016). The influence of school furniture on students' performance and physical responses: results of a systematic review. *Ergonomics*, 60(1), 93–110. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1170889>
- Cebrián, G., Mogas, J. & Palau, R. (2020). The smart classroom as a means to the development of ESD methodologies. *Sustainability*, 12(7), 3010. <https://doi.org/10.3390/su12073010>
- De Benito, B. & Salinas, J.M. (2016). La investigación basada en diseño en Tecnología Educativa. *RIITE. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 44-59.
<https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- Dron, J. (2018). Smart learning environments, and not so smart learning environments: a systems view. *Smart Learning Environments*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0075-9>
- Durán, A., Álvarez, J., del Río, M.C. & Sarango, P.O (2018). Analysis of the scientific literature published on smart learning. *Revista Espacios*, 39(10), 7-18. <https://bit.ly/3aCrBp8>
- Duyan, F., y Rengin, N. (2016). A research on the effect of classroom wall colours on student's attention. *A/Z : ITU journal of Faculty of Architecture*, 13(2), 73–78.
<https://doi.org/10.5505/itujfa.2016.57441>
- Easterday, M. W., Rees Lewis, D. G., y Gerber, E. M. (2018). The logic of design research. *Learning: Research and Practice*, 4(2), 131-160. <https://doi.org/10.1080/23735082.2017.1286367>
- Ekasiwi, S. N. N., Antaryama, I. G. N., Krisdianto, J. y Ulum, M. S. (2018). Correlation of classroom typologies to lighting energy performance of academic building in warm-humid climate (case study: ITS Campus Sukolilo Surabaya). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126, 1-11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012049>
- Escobar, J. y Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27-36. <https://bit.ly/3lbYo6h>
- Hartikainen, J., Poikkeus, A. M., Haapala, E. A., Sääkslahti, A. y Finni, T. (2021). Associations of classroom design and classroom-based physical activity with behavioral and emotional engagement among primary school students. *Sustainability*, 13(14), 8116.
<https://doi.org/10.3390/su13148116>
- Istrate, M. A., Catalina, T., Cucos, A., y Dicu, T. (2016). Experimental measurements of VOC and radon in two Romanian classrooms. *Energy Procedia*, 85, 288–294.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.254>
- Ito, K. y Yokoyama, Y. (2018). Relationship between classroom plan types and the degree of concentration of the children in elementary schools: A comparative study of open-plan classrooms and conventional-plan classrooms. *Japan Architectural Review*, 2(1), 88–100.
<https://doi.org/10.1002/2475-8876.12074>
- Kinshuk, Chen, N. S., Cheng, I.3 L. & Chew, S. W. (2016). Evolution Is not enough: Revolutionizing current learning environments to smart learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 561–581. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0108-x>

- Lewinski, P. (2015). Effects of classrooms' architecture on academic performance in view of telic versus paratelic motivation: a review. *Frontiers in Psychology*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00746>
- Li, B., Kong, S. C. y Chen, G. (2015). Development and validation of the smart classroom inventory. *Smart Learning Environments*, 2(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40561-015-0012-0>
- Llinares, C., Castilla, N. y Higuera-Trujillo, J. L. (2021). Do attention and memory tasks require the same lighting? A study in university classrooms. *Sustainability*, 13(15), 8374.
<https://doi.org/10.3390/su13158374>
- Macedo, A. C., Morais, A. V., Martins, H. F., Martins, J. C., Pais, S. M. y Mayan, O. S. (2014). Match between classroom dimensions and students' anthropometry. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(1), 48-60.
<https://doi.org/10.1177/0018720814533991>
- McMillan, J.H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa* (5ª Ed.). Pearson.
- Mogas, J. (2021). Resum de la tesi doctoral «Smart Classrooms i l'adveniment de la Quarta Revolució Industrial: anàlisi dels factors clau per al disseny d'aules intel·ligents». *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(3), 61. <https://doi.org/10.17345/ute.2020.3.2996>
- Mogas, J., Márquez, M. y Palau, R. (2020). Condiciones ambientales en las aulas inteligentes: Conceptualización y principales necesidades en investigación. En E. López, D. Cobos, L. Molina, A. Jaén, y A. H. Martín (Eds.), *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa* (pp. 3164-3172). Octaedro. <https://bit.ly/3O2tzgU>
- Mogas, J. y Palau, R. (2021). Del rediseño de los espacios de aprendizaje hacia aulas inteligentes. En A. J. Calvillo (Coord), *Informe Especial Odite sobre tendencias educativas: Educación en tiempos de pandemia 2020* (pp.96-101). Observatorio de Investigación Tecnológica y Educativa (OdITE). <https://bit.ly/3HvPv2V>
- Mogas, J., Palau, R., y Márquez, M. (2021). How classroom acoustics influence students and teachers: A systematic literature review. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 245.
<https://doi.org/10.3926/jotse.1098>
- Montiel, I., Mayoral, A. M., Navarro Pedreño, J. y Maiques, S. (2019). Acoustic comfort in learning spaces: Moving towards sustainable development goals. *Sustainability*, 11(13), 3573.
<https://doi.org/10.3390/su11133573>
- Muñoz, J. (2016). *El impacto del diseño del espacio y otras variables socio-físicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. [Tesis doctoral, Universidade da Coruña]. <https://bit.ly/3O1fy2L>
- Muñoz, C. A. (2018). Diseño pasivo de aulas escolares para el confort térmico, desde una perspectiva para el cambio climático. *Arquitecturas del Sur*, 36(54), 70-83.
<https://doi.org/10.22320/07196466.2018.36.054.06>
- Norazman, N., Irfan Che Ani, A., Haslina Ja'afar, N., y Azry Khoiry, M. (2018). Indoor Air Quality (IAQ): Accuracy of natural ventilation for temperature, air flow rate and relative humidity (RH) in school building classrooms. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.9), 42.
<https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.9.15271>
- Palau, R. y Mogas, J. (2019). Systematic literature review for a characterization of the smart learning environments. En A.M. Cruz y A.I. Aguilar (Eds.) *Propuestas multidisciplinares de innovación e intervención educativa* (pp. 55-71). Universidad Internacional de Valencia. <https://bit.ly/3moLyT1>
- Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. En T. Plomp y N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Design Research* (pp. 10-51). SLO.

- Prendes, M.P., González, V., Castañeda, L., Gutiérrez, I., Román, M., Sánchez, M.M., Serrano, J.L. & Solano, I. (2017). *Trabajo fin de máster en tecnología educativa. Orientaciones para la elaboración y criterios de calidad*. Editum.
- Rajagopalan, P., Andamon, M. M., y Woo, J. (2021). Year long monitoring of indoor air quality and ventilation in school classrooms in Victoria, Australia. *Architectural Science Review*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1988892>
- Ricciardi, P. y Buratti, C. (2018). Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. *Building and Environment*, 127, 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.030>
- Riffelli, S. (2021) Global comfort indices in indoor environments: A survey. *Sustainability*, 13(22), 12784. <https://doi.org/10.3390/su132212784>
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis, Revista Internacional De Investigación en Educación*, 7(14), 159–176. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP>
- Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Ru, T., de Kort, Y. A., Smolders, K. C., Chen, Q. y Zhou, G. (2019). Non-image forming effects of illuminance and correlated color temperature of office light on alertness, mood, and performance across cognitive domains. *Building and Environment*, 149, 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.002>
- Tanic, M., Nikolic, V. y Zugic, Z. (2020). The spatial model of the classroom and its immediate surroundings: A variety of learning spaces. *Current Science*, 118(9), 1354. <https://doi.org/10.18520/cs/v118/i9/1354-1364>
- Valverde-Berrocoso, J. (2016). La investigación en Tecnología Educativa y las nuevas ecologías del aprendizaje: Design-Based Research (DBR) como enfoque metodológico. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 60-73. <https://bit.ly/3mkdRBQ>
- Vidal, R. A. y Vera, C. (2020). Influencia del color del aula en los resultados de aprendizaje en 3° año básico: estudio comparativo en un colegio particular subvencionado en Santiago de Chile. *Revista Educación*, 91–113. <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i2.37283>
- Wu, X., Kou, Z., Oldfield, P., Heath, T., y Borsi, K. (2021). Informal Learning Spaces in Higher Education: Student Preferences and Activities. *Buildings*, 11(6), 252. <https://doi.org/10.3390/buildings11060252>
- Yan, Y. H., Lee, T. G., Guan, Y., y Liu, X. D. (2012). Evaluation index study of students' physiological rhythm effects under fluorescent lamp and LED. *Advanced Materials Research*, 433-440, 4757–4764. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.433-440.4757>
- Zomorodian, Z. S. y Tahsildoost, M. (2017). Assessment of window performance in classrooms by long term spatial comfort metrics. *Energy and Buildings*, 134, 80–93. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.018>

INFORMACIÓN SOBRE LOS AUTORES

Pedro Moreno-Moreno

Universitat Rovira y Virgili

Arquitecto y profesor de enseñanza Secundaria en Murcia. Máster en Tecnología Educativa: e-learning y gestión del conocimiento. Las líneas de investigación principales son las relacionadas con el diseño arquitectónico de espacios inteligentes, Smart Classrooms y su relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Ramón Palau

Universitat Rovira y Virgili

Doctor en Tecnología Educativa e investigador del grupo ARGET de tecnología educativa en la universidad Rovira i Virgili de Tarragona (España). Al mismo tiempo ejerce funciones de docente en los programas de máster de formación del profesorado y tecnología educativa, y en el doctorado del mismo nombre. También desempeña las funciones de dirección del máster de formación del profesorado. Su trayectoria investigadora se centra en el concepto de Smart Classroom, la Flipped Classroom y su evolución al Flipped Learning y la competencia digital de los docentes y la tecnología educativa en general.



Los textos publicados en esta revista están sujetos a una licencia de Reconocimiento 4.0 España de Creative Commons. Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente y hacer obras derivadas siempre que reconozca los créditos de las obras (autoría, nombre de la revista, institución editora) de la manera especificada por los autores o por la revista. La licencia completa se puede consultar en: [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir por igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).