



**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

ENTORNOS INTELIGENTES DE APRENDIZAJE:  
MODELOS, ANÁLISIS Y PROSPECTIVA

**D. Pedro Antonio García Tudela**

**2023**









**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD  
DE LA TESIS PRESENTADA EN MODALIDAD DE COMPENDIO O ARTÍCULOS PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

*Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022*

D. Pedro Antonio García Tudela

doctorando del Programa de Doctorado en

Doctorado en Tecnología Educativa

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Entornos inteligentes de aprendizaje: modelos, análisis y prospectiva

y dirigida por,

Dña. María Paz Prendes Espinosa

Dña. Isabel María Solano Fernández

**DECLARO QUE:**

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Además, al haber sido autorizada como compendio de publicaciones o, tal y como prevé el artículo 29.8 del reglamento, cuenta con:

- *La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- *En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 19 de septiembre de 2023

Fdo.: Pedro Antonio García Tudela

*Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.*

Firmante: PEDRO ANTONIO GARCIA TUDELA. Fecha-hora: 19/09/2023 11:34:05. Emisor del certificado: CN=AC FNMT UCArea, OU=Certif. CA-FNMT-FCM, C=ES



Código seguro de verificación: RUxFMlG8-gtEKtf0i-eWfWU2rG-7G1kEYy4

COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 2

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia



Código seguro de verificación: RUxFM1G8-gtEKtf0i-eWfWU2rG-7G1kEYy4

COPIA ELECTRÓNICA - Página 2 de 2

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>



UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> Paz Prendes Espinosa, Catedrática de Universidad del Área de Didáctica y Organización Escolar en el Departamento de Didáctica y Organización Escolar, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “Entornos inteligentes de aprendizaje: modelos, análisis y prospectiva”, realizada por D. Pedro Antonio García Tudela, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 14 de septiembre de 2023

Firmante: MARIA PAZ PRENDES ESPINOSA; Fecha: 14/09/2023 12:05:11; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES;



**Mod:T-20**



Código seguro de verificación: RUXFMnqr-5cKYnYe8-6f+xpoIG-Whp8F0ea

COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 1

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>



UNIVERSIDAD DE  
**MURCIA**

D<sup>a</sup>. Isabel M<sup>a</sup> Solano Fernández, Titular de Universidad del Área de Didáctica y Organización Escolar en el Departamento de Didáctica y Organización Escolar, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “Entornos inteligentes de aprendizaje: modelos, análisis y prospectiva”, realizada por D. Pedro Antonio García Tudela, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 11 de septiembre de 2023

Firmante: ISABEL MARIA SOLANO FERNANDEZ. Fecha-hora: 11/09/2023 00:50:55. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Cones, O=FNMT, FC=ES



Mod-T-20

Código seguro de verificación: RUXFMivx-bbltT3jH-HkwM4es8-V271cv9j

COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 1

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>



## Agradecimientos

“Seremos más fuertes cuanto más unidos estemos, y más débiles cuanto más divididos”

*Harry Potter y el cáliz de fuego (2005)*

Después de la educación, el cine podría ser mi gran pasión. De tal forma, que la elaboración de esta tesis doctoral ha estado meticulosamente cuidada con el objetivo de poder transmitir lo mismo que un buen estreno en la gran pantalla.

La producción de una buena película no depende de un único sujeto, sino que es fundamental que exista una red profesional y social que adquiera un compromiso real con el proyecto. Tal y como ha sucedido en el caso de mi tesis doctoral.

Yo, como autor de esta obra titulada “Entornos Inteligentes de Aprendizaje: modelos, análisis y prospectiva” he ocupado dos cargos profesionales. Primeramente, el de guionista, puesto que son numerosos borradores los que he tenido que desechar hasta alcanzar al producto final. En segundo lugar, también he invertido muchísimo esfuerzo en el departamento creativo de esta producción.

A pesar de ello, todos los logros alcanzados en estas páginas que se exponen a continuación no solo me pertenecen a mí, sino que existe un gran equipo al que le tengo mucho que agradecer:

A M.<sup>a</sup> Paz e Isabel, las directoras de este proyecto. Su dedicación ha sido incluso mucho más precisa y minuciosa que la de un exitoso director de Hollywood. Sin importar la hora, ni la tarea se han encargado de supervisar, orientar y validar cualquier avance.

A mi madre y a mi padre, los que serían los acomodadores en el gremio cinematográfico. De manera incansable siempre han estado preparando el hogar, ofreciendo su ayuda y velando por mi comodidad.

A mis amigos, amigas, familia, personas que estuvieron desde los inicios y colegas de mis estancias doctorales, todos y todas ellas han sido especialistas de efectos especiales increíbles. Gracias a su magia han conseguido que vuele o que atravesase montañas.

Y como no, a mis estrellas de cine, que desde el cielo siguen siendo mi gran motivación.

Y ahora sí, ¡luces, cámaras y acción!

Pedro Antonio García-Tudela

# Índice general

“Es importante mirar siempre hacia  
donde te diriges”

Rey León (1994)

# Entornos Inteligentes de Aprendizaje: Modelos, análisis y prospectiva

RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
ACRÓNIMOS.....	13
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2. PRESENTACIÓN DE LA TESIS POR COMPENDIO .....	21
ARTÍCULO I.....	22
ARTÍCULO II.....	23
ARTÍCULO III.....	24
ARTÍCULO IV .....	25
ARTÍCULO V .....	26
CAPÍTULO I.....	27
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
1. EL DESARROLLO DE LOS ENTORNOS EDUCATIVOS ENRIQUECIDOS CON TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA.....	30
1.1. ENTORNOS ENRIQUECIDOS CON TECNOLOGÍAS .....	32
1.2. <i>E-LEARNING</i> .....	36
1.3. <i>B-LEARNING</i> .....	40
1.4. <i>M-LEARNING</i> Y <i>U-LEARNING</i> .....	43
2. HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ESPACIOS INTELIGENTES .....	50
2.1. LA <i>SMART CITY</i> O CIUDAD INTELIGENTE COMO CONCEPTO DE ORIGEN .....	50
2.2. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SLE.....	53
2.3. TECNOLOGÍAS DE UN SLE .....	60
2.3.1. Inteligencia artificial .....	61
2.3.2. Learning Analytics y computación en la nube.....	64
2.3.3. IoT.....	67
2.3.4. Otras tecnologías.....	69
3. LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN ESPAÑA: PASADO, ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA .....	71
3.1. RECORRIDO HISTÓRICO DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN ESPAÑOLA.....	71
3.2. INICIATIVAS PARA EL FUTURO DESARROLLO DE LAS TIC EN ESPAÑA .....	76
3.3. EN TORNO AL PROYECTO ITEC: EL ORIGEN DE LAS ADF .....	80
3.4. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE ADF DESDE LA PERSPECTIVA DEL <i>FUTURE CLASSROOM LAB</i> .....	83
3.5. EL DESARROLLO DEL AULA DEL FUTURO EN ESPAÑA .....	87
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>94</b>
1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	95
2. MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	96
2.1. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	96
2.2. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA.....	97
3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA .....	97

<b>4. INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>99</b>
<b>5. FASES Y PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>109</b>
<b>6. ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>112</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>114</b>
<b>1. ARTÍCULO I .....</b>	<b>115</b>
<b>2. ARTÍCULO II .....</b>	<b>116</b>
<b>3. CAPÍTULO I .....</b>	<b>117</b>
<b>4. ARTÍCULO III .....</b>	<b>118</b>
<b>5. ARTÍCULO IV .....</b>	<b>119</b>
<b>6. ARTÍCULO V .....</b>	<b>120</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>122</b>
<b>1. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>123</b>
1.1. OBJETIVO I: ANALIZAR EL IMPACTO ACADÉMICO DE LA EDUCACIÓN SOBRE IGUALDAD DE GÉNERO A TRAVÉS DE LAS TIC, ASÍ COMO SU POSIBLE VINCULACIÓN CON LOS SLE .....	123
1.2. OBJETIVO II: ANALIZAR EL ESTADO DE DESARROLLO DE LOS SLE .....	125
1.3. OBJETIVO III: ESTUDIAR LOS HALLAZGOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS ADF EN ESPAÑA .....	128
1.4. OBJETIVO IV: IDENTIFICAR LAS SIMILITUDES Y DIFERENCIAS DE LAS ADF IMPLEMENTADAS EN ESPAÑA RESPECTO A LAS TEORÍAS Y APROXIMACIONES DE LOS SLE. ASÍ COMO SUS POSIBILIDADES PARA LA EDUCACIÓN DE LA IGUALDAD DE GÉNERO .....	129
<b>2. LIMITACIONES .....</b>	<b>131</b>
<b>3. PROPUESTAS DE FUTURO.....</b>	<b>132</b>
<b>CHAPTER VI. CONCLUSIONS .....</b>	<b>134</b>
<b>1. GENERAL CONCLUSIONS .....</b>	<b>135</b>
1.1. OBJECTIVE I: TO ANALYSE THE ACADEMIC IMPACT OF GENDER EQUALITY EDUCATION THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES, AS WELL AS ITS POSSIBLE LINKAGE WITH SLE .....	135
1.2. OBJECTIVE II: ANALYSE THE STATE OF DEVELOPMENT OF SLE .....	137
1.3. OBJECTIVE III: STUDY THE THEORETICAL AND PRACTICAL FINDINGS OF THE FC IN SPAIN .....	139
1.4. OBJECTIVE IV: TO IDENTIFY THE SIMILARITIES AND DIFFERENCES OF THE FC IMPLEMENTED IN SPAIN WITH RESPECT TO THE THEORIES AND APPROACHES OF THE SLE. AS WELL AS THEIR POSSIBILITIES FOR GENDER EQUALITY EDUCATION .....	141
<b>2. LIMITATIONS .....</b>	<b>143</b>
<b>3. PROPOSALS FOR THE FUTURE.....</b>	<b>144</b>
<b>CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>146</b>
<b>CAPÍTULO VIII. ANEXOS .....</b>	<b>172</b>
<b>1. ANEXO I. CUESTIONARIO ORIGINAL.....</b>	<b>173</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bases de datos en las que <i>Comunicar</i> está indexada .....	22
Tabla 2 Bases de datos en las que Journal of <i>NAER</i> está indexada .....	23
Tabla 3 Bases de datos en las que <i>Smart Learning Environments</i> está indexada ..	24
Tabla 4 Bases de datos en las que <i>Pixel-Bit</i> está indexada.....	25
Tabla 5 Bases de datos en las que <i>Heliyon</i> está indexada.....	26
Tabla 6 Comparación entre método tradicional y aula invertida .....	42
Tabla 7 Dimensiones y variables de la información contextual.....	47
Tabla 8 Principios de la educación inteligente para el entorno físico del SLE.....	55
Tabla 9 Principios de los SLE y su descripción .....	58
Tabla 10 Posibilidades del IoT en los centros educativos o campus inteligentes....	69
Tabla 11 Líneas y medidas del Plan Nacional de Competencias Digitales .....	77
Tabla 12 Frecuencia de uso de herramientas digitales en el ITEC .....	81
Tabla 13 Áreas, descripción y tecnologías del FCL bruselense .....	85
Tabla 14 Comparativa de tres modelos de AdF según sus zonas .....	89
Tabla 15 Criterios para la obtención del sello Centro Aula del Futuro .....	90
Tabla 16 Áreas, descripción y tecnologías de una AdF española.....	91
Tabla 17 Objetivos de investigación .....	95
Tabla 18 Muestra según el nivel y la titularidad del centro educativo .....	98
Tabla 19 Estadísticos de la primera ronda de consulta .....	102
Tabla 20 Relación de ítems y comentarios según especialistas .....	104
Tabla 21 Distribución de los ítems según dimensión, variables y respuesta.....	106
Tabla 22 Ítems de la dimensión sociodemográfica .....	106
Tabla 23 Ítems del resto de dimensiones .....	107
Tabla 24 Fases de investigación de la Tesis Doctoral .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Línea temporal producción científica de la Tesis Doctoral .....	28
Figura 2 Entornos y modelos educativos según la presencialidad.....	31
Figura 3 Modelo de integración de las TIC TPACK .....	33
Figura 4 Modelo SAMR de integración de las TIC .....	34
Figura 5 Red de conceptos vinculados con la conciencia del contexto.....	48
Figura 6 Sostenibilidad en las ciudades inteligentes.....	50
Figura 7 Ejes de una ciudad inteligente.....	52
Figura 8 Definición jerárquica del Machine y Deep Learning .....	62
Figura 9 Posibilidades de la IA en la educación .....	63
Figura 10 Marco de referencia para la aplicación de analíticas de aprendizaje .....	66
Figura 11 Línea temporal de la integración de las TIC en España.....	72
Figura 12 Evolución histórica de los modelos europeos sobre competencia digital	79
Figura 13 Diagrama con los resultados más positivos derivados del ITEC .....	83
Figura 14 Distribución de salas según el modelo bruselense de FCL en 2017 .....	84
Figura 15 Modelo de AdF de seis zonas promovido por el INTEF .....	88
Figura 16 Modelo de AdF de siete zonas promovido por el INTEF .....	89
Figura 17 Modelo de cuatro fases para aplicar el método Delphi .....	100
Figura 18 Cronograma de trabajo de la tesis doctoral .....	111
Figura 19 Informe de la comisión ética .....	112



## RESUMEN

Desde su aparición y su rápido desarrollo, las tecnologías digitales han supuesto una revolución en todos los ámbitos de la sociedad, incluyendo también importantes innovaciones en el contexto de la educación formal, no formal e informal. Esta tesis doctoral se centra en un aspecto muy concreto relacionado con el impacto de la digitalización en contextos formales y es la creación y desarrollo de Entornos Inteligentes de Aprendizaje (Smart Learning Environments, tal y como se les conoce en inglés). El problema de investigación sobre el cual gira esta investigación es el desarrollo de estos entornos en el contexto educativo español.

Los objetivos de investigación que se establecen en el marco de esta tesis doctoral son: analizar el impacto académico de la educación sobre igualdad de género a través de las TIC; analizar el estado de desarrollo de los Entornos Inteligentes de Aprendizaje; analizar la implementación de las Aulas del Futuro en España; y por último, identificar las similitudes y las diferencias de las Aulas del Futuro implementadas respecto a las teorías y modelos de los Entornos Inteligentes de Aprendizaje.

Respecto al método, por un lado, se ha llevado a cabo una investigación documental a través de una técnica de revisión sistemática. Generalmente, como marco metodológico se ha utilizado la declaración PRISMA y la estrategia PICO-S. Para el diseño del modelo también se ha empleado un método cualitativo a través de un análisis documental y evaluaciones de expertos. Por otro lado, se ha contemplado una investigación exploratoria con un diseño de tipo encuesta a partir de un cuestionario *ad hoc*. Este se aplicó a un total de 66 docentes que trabajan en Aulas del Futuro en España. El análisis que se ha hecho de los datos ha sido descriptivo y correlacional.

Respecto a los resultados iniciales, sobre la formación en igualdad de género se extrae que es necesario el desarrollo de iniciativas apoyadas en tecnologías, las cuales sean longitudinales y adaptables. Uno de los principales resultados -por su transferibilidad a otras investigaciones- es el modelo de Entornos Inteligentes de Aprendizaje basado en cinco dimensiones y validado por un juicio de expertos. Sobre las experiencias de Aulas del Futuro implementadas en España, se concluye que son espacios que sobre todo utilizan metodologías activas, evaluaciones formativas y contemplan una amplia gama de recursos tecnológicos. En relación a la satisfacción profesional, los docentes involucrados evidencian unos niveles elevados respecto al diseño, la implementación y la evaluación de las iniciativas. Por último, también se halla que las Aulas del Futuro implementadas deberían ampliar sus tecnologías avanzadas, la experiencia de personalización y también la automatización de procesos.

En general, con esta tesis doctoral se pone de manifiesto la inquietud educativa que existe en torno a la digitalización, la apertura y la flexibilización de la enseñanza a partir del desarrollo de nuevos entornos educativos. Con todos los hallazgos extraídos, así como con el modelo generado, se recogen numerosas miradas prospectivas tanto de investigación, como de innovación en el aula.

## **ABSTRACT**

Since their emergence and rapid development, digital technologies have brought about a revolution in all areas of society, including important innovations in the context of formal, non-formal and informal education. This doctoral thesis focuses on a very specific aspect related to the impact of digitalisation in formal contexts and that is the creation and development of Smart Learning Environments (Smart Learning Environments). The research problem around which this research revolves is the development of these environments in the Spanish educational context.

The research objectives established in the framework of this doctoral thesis are: to analyse the academic impact of gender equality education through ICT; to analyse the state of development of Smart Learning Environments; to analyse the implementation of the Classrooms of the Future in Spain; and also, to identify the similarities and differences of the implemented Classrooms of the Future with respect to the theories and models of Smart Learning Environments.

Regarding the method, on the one hand, a documentary research has been carried out through a systematic review technique. Generally, the PRISMA statement and the PICoS strategy have been used as a methodological framework. On the other hand, exploratory research has been considered. Specifically, we opted for a survey-type design based on an ad hoc questionnaire. This was applied to a total of 66 teachers working in Classrooms of the Future in Spain. The statistical analysis has been descriptive and correlational.

With regard to the initial results, it is clear that the development of initiatives supported by technologies, which are longitudinal and adaptable, is necessary for training in gender equality. A model of Intelligent Learning Environments was then developed based on five dimensions and validated by expert judgement. Based on this model, the experiences of Classrooms of the Future implemented in Spain were analysed, and it was found that they are spaces that above all use active methodologies, formative assessments and contemplate a wide range of technological resources. In relation to professional satisfaction, the teachers involved report high levels of satisfaction with the design, implementation and evaluation of the initiatives. Finally, it is also found that the implemented Classrooms of the Future should expand their advanced technologies, the experience of personalisation, and also the automation of processes.

In general, this doctoral thesis highlights the educational concern that exists around the digitalisation, openness and flexibility of teaching based on the development of new educational environments. With all the findings, as well as with the model generated, numerous prospective views on research and innovation in the classroom are collected.



## **ACRÓNIMOS**

### **Acrónimos en Español**

ABJ: Aprendizaje Basado en Juegos  
AdF: Aula del Futuro  
App: Aplicación digital  
ApS: Aprendizaje Servicio  
CD: Competencia Digital  
CDD: Competencia Digital Docente  
E-learning: enseñanza en modalidad virtual  
FCL: Laboratorio de Aula del Futuro  
IA: Inteligencia Artificial  
IoT: Internet de las cosas  
LMS: Sistema de Gestión del Aprendizaje  
M-learning: aprendizaje Móvil  
PDI: Pizarra Digital Interactiva  
RA: Realidad Aumentada  
RFID: Identificación por radiofrecuencia  
RV: Realidad Virtual  
SLE: Entornos Inteligentes de Aprendizaje  
TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación  
U-learning: aprendizaje Ubicuo

### **Acronyms in English**

FC: Future Classroom  
AI: Artificial Intelligence  
App: Digital Application  
SL: Service Learning  
AR: Augmented Reality  
CDD: Digital Competence in Teaching  
DC: Digital Competence  
E-learning: Virtual teaching  
FCL: Future Classroom Lab  
GBL: Game Based Learning  
ICT: Information and Communication Technologies  
IoT: Internet of Things  
LMS: Learning Management System  
M-learning: Mobile learning

IDW: Interactive Digital Whiteboard  
RFID: Radio Frequency Identification  
SLE: Smart Learning Environments  
U-learning: Ubiquitous learning  
VR: Virtual Reality

# Capítulo I. Introducción

“Hay que explorar lo inexplorado”

Up (2009)

## 1. Justificación de la investigación

El punto de inicio de esta tesis doctoral fue la confluencia de dos acciones. Por un lado, la concesión de una ayuda del programa de Formación de Profesorado Universitario (FPU) por parte del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España (Ref. FPU 18/02338). Y por otro lado, mi colaboración con el Grupo de Investigación en Tecnología Educativa (GITE) de la Universidad de Murcia en el proyecto internacional de investigación titulado *Gender Equality Matters (GEM): Tackling Gender-based Violence*, el cual pertenecía a la convocatoria europea: “*Rights, equality and citizenship Programme 2016*”, vinculado al proyecto H2020 de la Unión Europea y que coordinaba el *National AntyBullying Research & Resource Centre* de la *Dublin City University*.

El principal objetivo del proyecto mencionado era implementar acciones preventivas y de intervención en contextos educativos, para de esta forma, erradicar conductas inadecuadas en cuanto al desarrollo de una convivencia igualitaria en términos de género.

Concretamente, a partir del proyecto mencionado se han derivado múltiples eventos formativos a diferentes miembros de la comunidad educativa, como estudiantes, docentes y familias; manuales de actividades sobre diferentes temáticas relacionadas con la igualdad de género; diapositivas para trabajar en clase con los estudiantes; y también, el desarrollo de un MOOC en cinco idiomas (inglés, español, italiano, griego y holandés) enfocado a profesionales de la educación y a familias. Concretamente, para trabajar los derechos fundamentales, los estereotipos de género, el acoso escolar y la violencia de género, así como las herramientas para resolver este tipo de situaciones.

Este proyecto internacional surgió con la intención de crear una concienciación y una actitud desde las primeras edades, a partir de la cual, se fomente un equilibrio real de géneros que tenga transferencia a cualquier dimensión: laboral, educativa, política, social... De manera general, se debe reconocer que se han actualizado diversos marcos legales y también, se han desarrollado masivas campañas e iniciativas de concienciación al respecto. Sin embargo, son numerosas las referencias actuales que evidencian el desequilibrio que continúa existiendo en desventaja para la población femenina, independientemente del punto geográfico de referencia (Belova e Ivanova, 2023; Hertog et al., 2023; Lida, 2023; Sanjaume-Calvet, et al., 2023).

### ***Desigualdad de género***

Si el foco de atención se sitúa sobre la realidad europea, la Comisión Europea (2020b) establece un plan de actuación todavía vigente, titulado *una unión de la igualdad: estrategia para la Igualdad de Género 2020-2025*. Principalmente, se ha desarrollado este marco de trabajo conjunto debido a la alerta que destapan algunos datos actuales reflejados en dicho informe, algunos de ellos son:

- El 55 % de las mujeres de la UE ha sufrido acoso sexual.
- El 33 % de las mujeres de la UE ha sufrido violencia física y/o sexual.
- El 44 % de las personas europeas considera que la función más relevante de una mujer es cuidar su hogar y su familia.
- Solo el 10 % de las mujeres europeas se dedican a la construcción. Únicamente, el 16 % de las mujeres gitanas desarrollan un empleo remunerado en la UE.

- De 9 horas semanales invertidas en tareas domésticas por el hombre, las mujeres invierten 22 horas.
- Las mujeres solo representan el 7.5 % de los consejos de administración y el 7.7 % de las direcciones ejecutivas de las principales empresas de la UE.
- Las mujeres representan el 32.2 % de los parlamentos nacionales.

Esta disparidad entre géneros evidenciada, también está muy presente en el campo de la Tecnología y la Ciencia, y es que, a lo largo de la historia, superar esa barrera ha sido uno de los grandes horizontes académicos y profesionales. Según la UNESCO (2022a), solo un 29.3 % de las mujeres son investigadoras a nivel mundial, y solo un 3% de las mujeres ha sido reconocida con un premio nobel en Ciencias.

Al respecto, también se destaca que la brecha digital de género continúa siendo una de las preocupaciones más extendidas a nivel global actualmente (Acilar y Sæbø, 2023; Estanyol et al., 2023).

En torno a la Ciencia y la Tecnología, la Comisión Europea (2020) denuncia que solo el 22 % de las personas que se dedican a programar la IA son mujeres; en el sector digital, el porcentaje de hombres es 3.1 veces más alto que el de mujeres; 1 de cada 3 chicas adolescentes esperan trabajar como profesionales de la salud, frente a 1 de cada 8 chicos; o también, 1 de cada 6 chicas espera estudiar un grado de Ingeniería o Ciencia, frente a 1 de cada 4 chicos.

Teniendo en cuenta estos datos, diversos proyectos y propuestas didácticas se han desarrollado en diferentes países con el objetivo de incrementar la presencia femenina en las carreras STEAM. Algún ejemplo actual es el caso de Casey et al. (2023), a partir del que se propone un programa educativo gamificado y virtual en el que se desarrollan diversas actividades de pensamiento computacional y resolución de problemas del mundo real basados en principios científicos, y todo ello desde una perspectiva de inclusión de género para motivar a las adolescentes a estudiar STEAM.

Por otro lado, se han desarrollado olimpiadas en las que se trabajan retos relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, a partir de crear grupos heterogéneos, o incluso, competiciones individuales (Swanson et al., 2023). O también, a través de la aplicación de simuladores virtuales (Ng y Chu, 2021), o incluso, la aplicación de juegos vinculados a los principios de la ingeniería con estudiantes preescolares (Fleer, 2021).

Además, desde una perspectiva más práctica, cada país ha desarrollado estrategias para paliar la brecha de género en la formación STEAM atendiendo a su realidad. En relación a España, se han desarrollado diferentes iniciativas de diversa naturaleza, algunas de ellas son:

- Radiografía de la brecha de género en la formación STEAM. Un informe con datos pormenorizados a lo largo de diversos años, sobre cuál es la evolución de dicha problemática, y qué medidas se han implementado a corto plazo, como la actualización de ciertas referencias específicas en la ley educativa LOMLOE en torno a la igualdad que debe existir en el acceso y la promoción de las STEAM. También se proponen diversas iniciativas, como la creación de un observatorio de datos abiertos sobre las trayectorias educativas STEAM, la creación de un nuevo relato de la ciencia y la tecnología libre de estereotipos de género, el fomento de los estudios tecnológicos por parte de la mujer en la universidad, etc. (Equipo de la Unidad de Igualdad del MEFP, 2022).

- Inspira STEAM<sup>1</sup>. La Universidad de Deusto impulsa una iniciativa para toda España, en la que se llevan a cabo sesiones de sensibilización y orientación, las cuales son impartidas por mujeres voluntarias, que se dedican profesionalmente a la Ciencia y la Tecnología. La finalidad perseguida con este programa, es que las chicas de Primaria comiencen a tener referentes de su mismo género y así evitar la perpetuación de los roles de género asociados a la Ciencia y la Tecnología. En la última edición han participado 119 centros educativos y 310 mentoras.
- #GirlsGonna<sup>2</sup>. Un proyecto impulsado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, junto con la consultora multinacional Everis. Principalmente, lo que se ofrecen son talleres en línea a partir de los que trabajar la programación con estudiantes de Educación Primaria a través de crear videojuegos en la plataforma *Scratch*. Además, uno de los aspectos a destacar de esta iniciativa es la visibilidad que se le da a los perfiles de las mujeres científicas y tecnólogas. Algunos de los títulos de los talleres son: *Astronomía en Alejandría. Conociendo a Hipatia de Alejandría; Misión Apolo XI. Conociendo a Margaret Hamilton*; entre otros.
- Digitalizadas<sup>3</sup>. Puesto que la digitalización, la concienciación y el fomento de actitudes científicas y tecnológicas no solo se dirige a estudiantes de Primaria o Secundaria, sino que también existe un compromiso real con aquellas mujeres adultas que también buscan potenciar su participación, empleabilidad y emprendimiento a través de la adquisición de las competencias digitales necesarias. Incluso, cabe destacar que esta iniciativa basada en talleres pretende visibilizar sobre todo a las mujeres del ámbito rural.
- Entre otras iniciativas que se pueden conocer en alianza STEAM<sup>4</sup>, como escuela virtual de igualdad, mujeres tecnológicas, Technovation, STEM Talent Girl, STEM 4 Girls, etc.

Una vez conocida esta realidad, y teniendo en cuenta los objetivos del proyecto de investigación bajo los que se rige la actual tesis doctoral, se considera de interés situar el foco de atención de manera explícita en el trabajo que se ha venido realizando hasta el momento en torno a la educación de la igualdad de género. Y más concretamente, a través de las tecnologías en las diferentes etapas educativas formales. Esto es, principalmente, porque educar en habilidades científicas y motivar hacia el desarrollo de carreras STEAM por parte de la población femenina es también parte del logro de la igualdad de género, pero en dicho sentido, no tienen por qué abordarse de manera específica los contenidos y las actitudes propias de este derecho fundamental.

### ***Aproximación al género desde las tecnologías digitales en educación***

En los últimos años, son numerosas las iniciativas que se han implementado tanto para promover la digitalización de la sociedad, como para paliar la consecuente brecha digital de género (Acilar y Sæbø, 2023). Por ello, Se considera de especial interés conocer el impacto investigador que ha tenido hasta el momento el desarrollo de iniciativas o proyectos basados en tecnologías para educar en torno a la igualdad de género. Por ello, el primer artículo de esta tesis doctoral consiste en una revisión

---

<sup>1</sup> <https://bit.ly/3KNRznU>

<sup>2</sup> <https://bit.ly/43Pznmn>

<sup>3</sup> <https://digitalizadas.org/>

<sup>4</sup> <https://alianzasteam.educacionyfp.gob.es/iniciativas.html>

sistemática de literatura en la que se investiga el objeto de estudio comentado (Prendes-Espinosa et al., 2020).

A partir de los resultados del primer artículo, se extrae que para la educación de la igualdad de género, no solo se deben desarrollar prácticas transversales y puntuales, sino que deberían existir planes o programas extendidos en el tiempo, que incluso, sean adaptables a la gran diversidad de realidades escolares que existen. Por ello, una de las opciones que se considera más favorable para tal fin, es una de las tendencias actuales en la disciplina de la tecnología educativa, como son los entornos inteligentes de aprendizaje o *Smart Learning Environments* (SLE), o *smart classroom*, o *I-classrooms*, entre otras denominaciones. Ideas recogidas en el capítulo de libro de García-Tudela et al. (2020a).

### ***Entornos Inteligentes para el Aprendizaje***

A partir de la implementación de dichos entornos se pueden desarrollar proyectos interdisciplinarios, en los que también se trabaje la igualdad de género de una manera explícita. Proyectos adaptados al ritmo, las preferencias y las dificultades de cada estudiante o grupo de estudiantes.

En los SLE, los recursos tecnológicos tienen un rol fundamental, puesto que adquieren una gran importancia tanto en el diseño, como la gestión, la aplicación y la evaluación de la experiencia educativa. De esta forma, todos los estudiantes independientemente del género, desarrollan competencias tecnológicas y se suprime la visión estereotipada del género ligada a la tecnología y la ciencia, puesto que se trabaja cooperativamente y de manera individualizada para el desarrollo de cualquier proyecto. Teniendo así una visión plural, abierta e inclusiva sobre la diversidad.

El objetivo inicial tras conocer la realidad existente en torno al género y las TIC en la educación formal era el diseño de una propuesta didáctica basada en un SLE para la educación en igualdad de género. Sin embargo, al iniciar las primeras investigaciones sobre dichos entornos, se halla que el concepto está en pleno desarrollo teórico. Por ello, con el fin de conocer el estado de la cuestión de esta posibilidad educativa y su relación con la inclusión, ya no únicamente con la perspectiva de género, sino desde una óptica más amplia, se desarrolla el segundo artículo de esta tesis doctoral. Concretamente, una revisión sistemática sobre los SLE y su ergonomía, o también, su perspectiva inclusiva (García-Tudela et al., 2020b).

Seguidamente, tras el desarrollo de esta revisión, se refleja el carácter emergente de este objeto de estudio y el reciente interés investigador que está suponiendo el concepto de SLE. Por ello, se decide continuar esta línea de investigación desde una perspectiva totalmente educativa, puesto que muchos de los hallazgos teóricos o de corte práctico estaban relacionados con disciplinas más tecnológicas, informáticas y propias de la ingeniería. Como consecuencia, se opta por diseñar un modelo original de SLE, cuya principal característica frente al resto sea su orientación totalmente práctica y enfocada al desarrollo de experiencias didácticas en cualquier etapa educativa.

Bajo este enfoque, se publica el tercer artículo de esta tesis doctoral. En este caso, la publicación por un lado, de una definición original de SLE que engloba los parámetros de las definiciones previas, y por otro lado, el modelo SLE-5 para el diseño de cualquier propuesta educativa (García-Tudela et al., 2021).

Una vez creado un marco teórico de referencia sobre el que desarrollar una propuesta didáctica, la siguiente fase consiste en identificar un entorno real en la

Educación Primaria donde se pueda desarrollar un SLE, puesto que el proyecto de referencia GEM escoge dicha población como público de su investigación. Sin embargo, en el contexto educativo español no se encuentra ningún entorno de la etapa mencionada que cumpla con los requisitos estructurales, pedagógicos y materiales propios de un SLE. Por el contrario, se averigua que sí existe una iniciativa potenciada por la *European Schoolnet*, que consiste en la *Future Classroom Lab*, conocido en España como Aula del Futuro (AdF). Estos entornos, *a priori*, presentan ciertas similitudes con los SLE, como es la actualización del entorno educativo presencial a través de integrar diversos recursos tecnológicos, así como el desarrollo de metodologías activas a partir de las que potenciar la autonomía y la diversidad.

Es por estas razones que la tesis doctoral toma un nuevo enfoque para conocer la realidad existente en España en torno a las AdF, ya que no existe evidencia empírica previa sobre las experiencias que se están desarrollando en todos los centros educativos españoles que cuentan con el distintivo de Aula del Futuro. A partir de esta ambición surge el cuarto artículo de esta tesis doctoral: concretamente, una investigación exploratoria de corte cuantitativo, a partir de la que describir como se están utilizando las AdF en el contexto español, identificar las tecnologías empleadas y también, analizar la satisfacción profesional al respecto. A partir de los resultados de esta investigación se extraen nuevos problemas, se amplían las líneas de investigación, y se sugieren nuevas afirmaciones y postulados (García-Tudela et al., 2023a).

Tal y como se ha expuesto, el foco original de interés de esta tesis doctoral son los SLE, por lo que el cuestionario se diseñó en torno al modelo original SLE-5, así como teniendo en cuenta la literatura científica más actual en torno a las tendencias tecnológicas y otras características de dichos entornos inteligentes. A partir de los resultados extraídos se busca encontrar los puntos de coincidencia y diferencia entre ambos entornos emergentes en los que destaca el uso tecnológico. Por tanto, se desarrolla el último artículo de esta tesis doctoral. Una investigación exploratoria para comparar la realidad práctica de las AdF españolas implementadas, respecto a los principios y las teorías de los SLE; y también, contrastar las tecnologías utilizadas en ambos entornos. A partir de ello, se busca justificar si las AdF podrían ser el precedente de las SLE en el contexto educativo español (García-Tudela et al., 2023b).

Tras los resultados extraídos de esta última investigación, se concluye que en España es más pertinente el desarrollo de propuestas didácticas basadas en las AdF para educar en igualdad de género. Además, también se considera de interés dicha línea de investigación, dado que las AdF son un concepto que por naturaleza está relacionado con el desarrollo de habilidades tecnológicas y también, las habilidades propias del método científico. Principalmente, porque los estudiantes deben desarrollar proyectos relacionados con problemáticas del mundo real, haciendo uso de diversas tecnologías y estrategias.

Por lo tanto, al crear un proyecto para un AdF basado en la igualdad de género, no solo se contribuye a la adquisición de valores y conocimientos de este derecho fundamental, sino que también se fomentan las actitudes comentadas respecto al fomento de las STEAM en las estudiantes.

A partir de los hallazgos, propuestas y nuevas líneas de investigación, a partir de esta tesis doctoral se propone la continuación del presente objeto de estudio en tres sentidos:



- Continuar con el desarrollo teórico de los SLE, generando nuevas aproximaciones teóricas, y desarrollando las primeras implementaciones en diferentes etapas educativas.
- Diseñar, implementar y evaluar un proyecto de AdF basado en la igualdad de género a partir de los criterios y las indicaciones que se recogen en esta tesis doctoral. Para ello, se propone la solicitud de un proyecto a escala nacional en el que exista una colaboración con centros educativos españoles que hayan participado como muestra de esta investigación.
- Por último, el trabajo con colaboradores internacionales, a partir de los que desarrollar un nuevo proyecto de investigación internacional para el diseño de experiencias de SLE para trabajar la igualdad de género. Para esta colaboración se contemplarían equipos relacionados con la igualdad de género y la inclusión, como el equipo que potenció el proyecto GEM; equipos de disciplinas técnicas con experiencia en los entornos inteligentes; y por último, equipos de investigación relacionados con la tecnología educativa.

## **2. Presentación de la tesis por compendio**

En la actualidad, la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia ha publicado la Normativa para Tesis Doctorales en modalidad de compendio de publicaciones (CGD 25-04-2022) con el fin de actualizar el reglamento que rige esta modalidad de tesis doctoral. Sin embargo, este nuevo marco de referencia tiene un efecto aplicable a los estudiantes matriculados en un programa de doctorado de la Universidad de Murcia después del 27 de abril de 2022.

Teniendo en cuenta que la matrícula de la presente tesis doctoral se efectúa el 19 de octubre del curso 2018/2019, el reglamento por el que se rige el actual trabajo de investigación es el Real Decreto 99/2011, Reglamento por el que se regulan las enseñanzas oficiales de doctorado de la Universidad de Murcia. Concretamente en su artículo 20 se recoge la oportunidad de depositar la tesis en la modalidad de compendio de publicaciones. Al respecto se indica que cualquier estudiante que opte por esta opción debe tener publicados -o aceptados- un mínimo de tres artículos en revistas indizadas en bases de datos internacionales de reconocido prestigio, o también, en otras revistas científicas o libros editados cuya importancia esté justificada debidamente a partir de los criterios de calidad establecidos por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). Además, se señala que cada uno de los trabajos de investigación debe tener valor científico por sí mismo y también formar parte de una misma unidad científica.

Esta tesis doctoral presentada por compendio de publicaciones está constituida por un total de cinco artículos. A continuación, se explicita la referencia de cada uno de los artículos, así como los indicios de calidad asociados a cada una de las revistas.

## ARTÍCULO I

Prendes-Espinosa, M.P., García-Tudela, P.A. y Solano-Fernández, I.M. (2020). Igualdad de género y TIC en contextos educativos formales: una revisión sistemática [Gender equality and ICT in the context of formal education: A systematic review]. *Comunicar*, 63(28), 9-20. <https://doi.org/10.3916/C63-2020-01>

En la Tabla 1 se han recogido las diferentes bases de datos en las que está incluida la revista *Comunicar* (ISSN: 1134-3478) y a continuación se detalla la indexación en las principales bases de datos.

- Factor de impacto en Journal Citation Reports – JCI (Clarivate) (2020): 3.08 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-CitesCore: 9.8 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-SCImago Journal Rank (SJR): 1.38 (Q1).
- Factor de impacto en Source Normalized Impact per Paper (SNIP): 3.078
- En el catálogo LATINDEX V2.0 (Catálogo de Publicaciones Seriadas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal), *Comunicar* cumple un total de 37 criterios.
- El Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) es 10.9
- Otros datos: Revista top mundial en 2022: 2.<sup>a</sup> del mundo en SCOPUS y 10<sup>a</sup> del mundo en JCR. En SCOPUS Educación, Comunicación y Estudios Culturales, *Comunicar* es Q1 en Educación y 1.<sup>a</sup> revista en español. 1.<sup>a</sup> revista en FECTY Métricas.

**Tabla 1**

*Bases de datos en las que Comunicar está indexada*

Indexaciones Comunicar			
Web Of Science Group (WoS)	Dialnet métricas	DOAJ	Educational Research Abstracts (ERA)
Scopus	Google Scholar	Education Abstracts	ERIC (Education Resources Information Center)
Social Sciences Citation Index	Academic Search Premier	Communication & Mass Media Index	Linguistics & Language Behavior Abstracts
SJR	Fuente Académica Plus	Communication Abstracts	MLA – Modern Language Association Database
FECYT	IBZ Online	EBSCO Education Source	PAIS International
Psicodoc	Psycinfo	Sociological abstracts	CARHUS Plus+ 2018
LATINDEX	Directory of Open Access Journals	ERIHPlus	REDIB
Dulcinea	SHERPA/RoMEO		

## ARTÍCULO II

García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, M.P. y Solano-Fernández, I.M. (2020b). Smart Learning Environments y ergonomía: una aproximación al estado de la cuestión [Smart Learning Environments and Ergonomics: An Approach to the State of the Question]. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 261-275. <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562>

En la Tabla 2 se han recogido las diferentes bases de datos en las que está incluida la revista *Journal of New Approaches* (ISSN: 2254-7339) y a continuación se detalla la indexación en las principales bases de datos.

- Factor de impacto en Journal Citation Reports – JCI (Clarivate) (2020): 2.50 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-CitesCore: 7.6 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-SCImago Journal Rank (SJR): 0.8 (Q1).
- Factor de impacto en Source Normalized Impact per Paper (SNIP): 1.735
- En el catálogo LATINDEX V2.0 (Catálogo de Publicaciones Seriadas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal), *Journal of New Approaches in Educational Research* cumple un total de 36 criterios.
- El Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) es 9.5
- El factor de impacto en Dialnet métricas de educación es 2.74 (Q1).

**Tabla 2**

*Bases de datos en las que Journal of New Approaches in Educational Research está indexada*

Indexaciones <i>Journal of New Approaches in Educational Research</i>			
Web Of Science Group (WoS)	Emerging Sources Citation Index	e-revist@s	MIAR
Scopus	Dialnet	Base de datos ISOC	REBIUN
DOAJ	ProQuest	Recolecta	J-Gate
LATINDEX	ULRICHSWEB (Global Serials Directory)	ScientificCommons	REDIB
FECYT	SHERPA/RoMEO	OCLC	SerialsSolutions
ERIHPLUS	Dulcinea	Microsoft Academic Search	ISOC-CSIC
ERIC (Education Resources Information Center)	Google Scholar	EBSCO	

### ARTÍCULO III

García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, P. y Solano-Fernández, I.M. (2021). Smart Learning Environments: a basic research towards the definition of a practical model. *Smart Learning Environments*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00155-w>

En la Tabla 3 se han recogido las diferentes bases de datos en las que está incluida la revista *Smart Learning Environments* (ISSN: 2196-7091) y a continuación se detalla la indexación en las principales bases de datos.

- Factor de impacto en Scopus-CitesCore: 3.7 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-SCImago Journal Rank (SJR): 0.9 (Q1).
- Factor de impacto en Source Normalized Impact per Paper (SNIP): 2.572
- El Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) es 9.4

**Tabla 3**

*Bases de datos en las que Smart Learning Environments está indexada*

Indexaciones <i>Smart Learning Environments</i>			
Scopus	Emerging Sources Citation Index (ESCI)	DOAJ	INSPEC
Directory of Open Access Journals	Google Scholar	EBSCO	ProQuest
Naver	Institute of Scientific and Technical Information of China	Chinese Academy of Sciences (CAS)-GoOA	

## ARTÍCULO IV

García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, M.P. y Solano-Fernández, I.M. (2023). Aulas del Futuro en España: un análisis desde la perspectiva docente [Future Classrooms in Spain: an analysis from teachers' perspective]. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 67, 59-86. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.98627>

En la Tabla 4 se han recogido las diferentes bases de datos en las que está incluida la revista *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación* (ISSN: 2171-7966) y a continuación se detalla la indexación en las principales bases de datos.

- El factor de impacto en Scopus-CiteScore: 3.0 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-SCImago Journal Rank (SJR): 0.43 (Q2).
- En el catálogo LATINDEX V2.0 (Catálogo de Publicaciones Seriadadas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal), Pixel-Bit cumple un total de 33 criterios.
- El Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) es 9.9
- El factor de impacto en Dialnet Métricas de Educación es 1.72 (Q1).

**Tabla 4**

*Bases de datos en las que Pixel-Bit está indexada*

Indexaciones <i>Pixel-Bit</i>			
Scopus	EBSCO	MIAR	SHERPA/RoMEO
ESCI (Emerging Sources Citation Index)	Piscodoc	Redinet	ISCO-CSIC
DOAJ	ERIHPLUS	DOCE	Dulcinea
Dialnet	FECYT	Fuente Académica Plus	Resh
LATINDEX	e-revistas	MLA –Modern Language Association Database	Iresie
DICE	REDIB		

## ARTÍCULO V

García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, P. y Solano-Fernández, I.M. (2023). The Spanish experience of Future Classroom as a possibility of Smart Learning Environments. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18577>

En la Tabla 5 se han recogido las diferentes bases de datos en las que está incluida la revista *Heliyon* (ISSN: 2405-8440) y a continuación se detalla la indexación en las principales bases de datos.

- El factor de impacto en Journal Citation Reports – JCI (Clarivate) (2021): 0.72 (Q2).
- El factor de impacto en Scopus-CiteScore: 4.0 (Q1).
- Factor de impacto en Scopus-SCImago Journal Rank (SJR): 0.55 (Q1).
- Factor de impacto en Source Normalized Impact per Paper (SNIP): 1.270
- El Índice Compuesto de Difusión Secundaria (ICDS) de MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas) es 10.3

**Tabla 5**

*Bases de datos en las que está Heliyon indexada*

Indexaciones <i>Heliyon</i>			
Web Of Science (WoS)	Scopus	ESCI (Emerging Sources Citation Index)	PubMed
Science Citation Index Expanded (SCIE)	DOAJ	MIAR	

## CAPÍTULO I

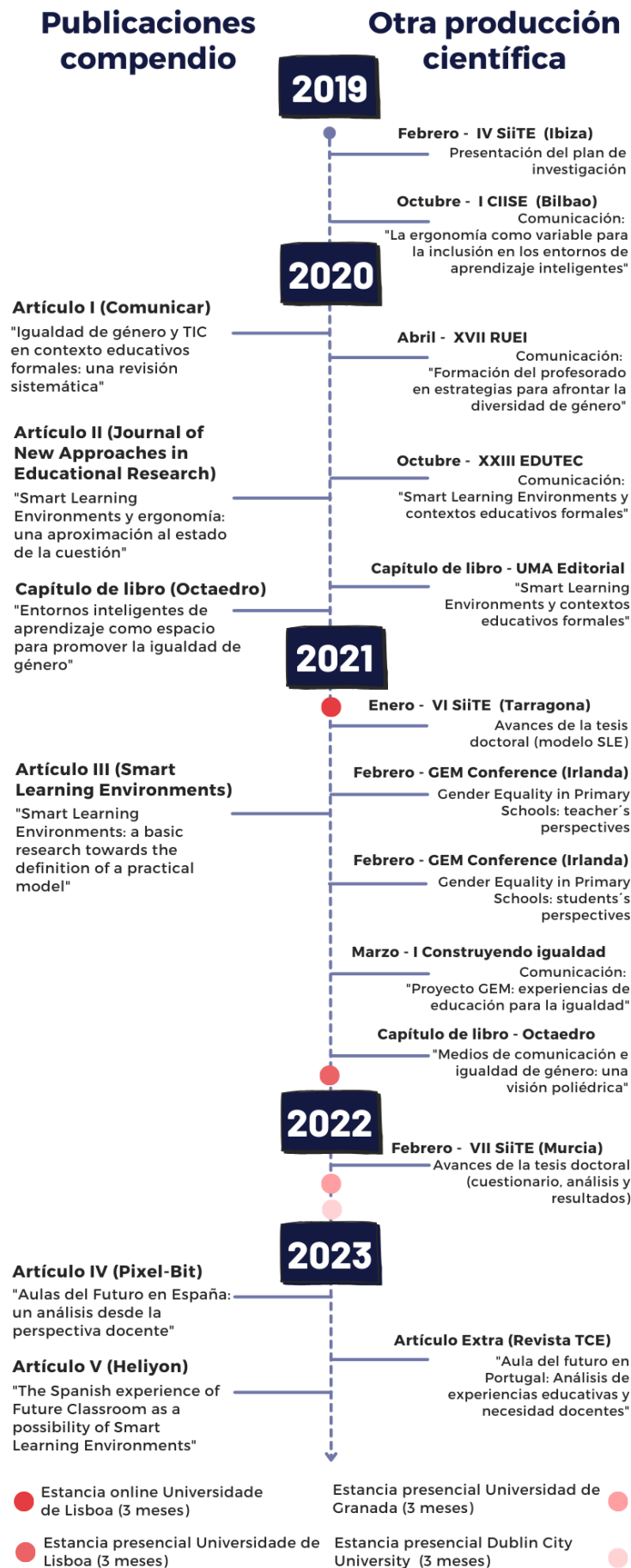
García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, P. y Solano-Fernández, I.M. (2020a). Entornos Inteligentes de aprendizaje como espacios para promover la igualdad de género. En M.P. Prendes, I. Gutiérrez y M.M. Sánchez (Eds.), *Haciendo camino. Una mirada a la investigación en tecnología educativa* (pp. 185-199). Octaedro.

En relación al factor de impacto de la editorial Octaedro, se debe destacar que ocupa el cuarto puesto (Q1) de las editoriales españolas con mayor prestigio en la disciplina de Educación según el *Scholarly Publishers Indicator* (SPI) de 2018.

A continuación, en la Figura 1 se expone una línea del tiempo donde se sitúan todos artículos presentados a la tesis por compendio de publicaciones, así como también, las estancias realizadas en otros centros de investigación, y otras producciones científicas relacionadas con el proyecto de esta tesis doctoral (comunicaciones en congresos, jornadas y publicación de capítulos de libro).

Figura 1

Línea temporal producción científica de la Tesis Doctoral





## Capítulo II. Marco teórico

“Sin pasado no se puede tener futuro”

La historia interminable (1984)

## 1. El desarrollo de los entornos educativos enriquecidos con tecnologías para mejorar la enseñanza

En la última década, diversas causas de gran impacto social, tales como el cambio de paradigma educativo desde lo tradicional hacia un sistema basado en el desarrollo competencial del alumnado, la globalización económica, el desarrollo frenético tecnológico, el protagonismo de la ciencia cognitiva, etc., están propiciando según Rajesh y Reena (2015) la aparición de nuevos conceptos educativos en los que la tecnología tiene un notable protagonismo.

Estos conceptos, algunos de los cuales se han estabilizado y otros han comenzado a emerger, son el aprendizaje en línea (*e-learning*), el aprendizaje móvil (*m-learning*), la educación abierta, el aprendizaje semipresencial (*b-learning*), la realidad aumentada (RA) y virtual (RV), entre otros que se abordarán a lo largo de la presente investigación. No obstante, en este punto del trabajo no se enfatiza tanto en las tecnologías avanzadas o emergentes, sino en los diferentes entornos y modelos educativos que se crean al hacer uso de dichos recursos tecnológicos.

Asimismo, se debe tener en cuenta que el desarrollo de nuevos modelos formales basados en las tecnologías digitales no supone una posibilidad única para las etapas educativas superiores o para ciertas disciplinas académicas relacionadas con la tecnología o la computación, sino que en palabras de Trujillo (2015), son una oportunidad para combatir la obsolescencia del conocimiento a través de valorar más la inteligencia colectiva, el aprendizaje activo, la nueva forma organizativa... En resumen, una posibilidad para mejorar la eficacia del aprendizaje en cualquier etapa y contexto (Starks y Reich, 2023; Zheltukhina et al., 2023).

De manera aún más actual, según el Informe Horizon 2022 (EDUCAUSE, 2022), las tendencias educativas a nivel internacional son: el aprendizaje híbrido, el aprendizaje online, los modos de aprendizaje remotos y la redefinición de las modalidades instruccionales. Asimismo, en este informe se alude complementariamente a algunos conceptos como el de entornos enriquecidos o mejorados con tecnologías, el aprendizaje sincrónico y asincrónico, los entornos colaborativos virtuales o los asistentes virtuales, entre otros conceptos relacionados con el desarrollo de prácticas educativas en las que la tecnología tiene una presencia destacada. También se pone de relieve el impacto que la pandemia ha tenido en la potenciación y el avance de estos modelos y entornos educativos digitales (Isequilla y Martín-Delgado, 2021; Vela, 2021).

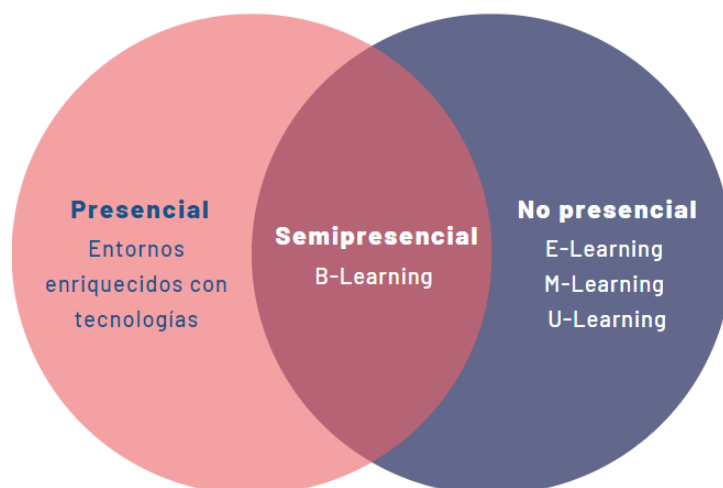
Incluso, existe toda una línea de investigación que comprende numerosos trabajos donde se analizan modelos implementados de *e-learning*, *b-learning*, entre otros (Barba-Sánchez et al., 2022; Hurajova et al., 2022). Y muchos de ellos concluyen que no solo es preciso mejorar la infraestructura técnica, sino también, la formación profesional respecto al uso eficaz y seguro de los recursos tecnológicos (Alqahtani y Rajkhan, 2020; Haghghian-Roudsari et al., 2023).

Por lo tanto, el primer paso para mejorar la experiencia educativa a través de las tecnologías digitales es conocer cuáles son las posibilidades que existen, puesto que muchos de estos conceptos son equivalentes, como es el caso del *e-learning*, ya que también se puede denominar teleformación, enseñanza virtual, enseñanza online..., pero otros conceptos sí que presentan diferencias entre ellos. Por lo tanto, con el objetivo de establecer una perspectiva panorámica sobre el estado de la cuestión, a

continuación, en la Figura 2 se expone un diagrama con los entornos y modelos educativos según su grado de presencialidad. Seguidamente, se aborda cada uno de ellos de manera independiente.

**Figura 2**

*Entornos y modelos educativos según la presencialidad*



Tal y como se ha introducido, la dotación tecnológica a las instituciones educativas es un aspecto esencial para actualizar los contextos escolares. Sin embargo, también es totalmente necesario el desarrollo de una óptima Competencia Digital Docente (CDD) para hacer un uso adecuado de los recursos tecnológicos (Gutiérrez et al., 2018; Prendes y Gutiérrez, 2013).

El desarrollo de cualquier modelo apoyado en tecnologías demanda del profesorado un adecuado desarrollo de su competencia digital, puesto que entre otras tareas, el docente debe saber buscar y organizar información de calidad; habilitar y gestionar canales virtuales de comunicación y colaboración, ya sean blogs, foros, chats, etc.; crear contenido digital basado en diferentes formatos, como vídeos, infografías, cuestionarios digitales, entre otras opciones; garantizar el uso legal, ético y responsable de las tecnologías digitales que se contemplen; así como también, tiene que evaluar la efectividad y el correcto funcionamiento de las tecnologías utilizadas, resolver los problemas que se puedan presentar y mantener una actualización, tanto formativa, como técnica.

En relación a todas estas habilidades que un docente debe contemplar para desarrollar satisfactoriamente una propuesta didáctica con recursos tecnológicos, Andía et al. (2020) concluyen que de las cinco áreas de la CD, el profesorado presenta un bajo nivel en cuatro de ellas y un nivel mínimo en la restante. Algunos autores consideran que son más beneficiosas las metodologías tradicionales donde no tiene tanta influencia la tecnología, debido a que estas exigen un mayor nivel de compromiso respecto al aprendizaje (Sosa y Palau, 2018). A pesar de todo ello, son numerosos los beneficios que se podrían conseguir al aplicar adecuadamente una propuesta de enseñanza apoyada en tecnologías. Algunos de estos son:

- Una mayor efectividad en cuanto al logro académico, es decir, un mayor índice de éxito en el trabajo de los contenidos abordados
- Una mayor involucración y participación por parte de los estudiantes en el desarrollo de su aprendizaje.
- Una mayor satisfacción con la propuesta formativa implementada, puesto que se fomenta el aprendizaje a distintos ritmos, la realización de actividades que demandan una implicación activa, etc.
- El fomento del desarrollo de habilidades cognitivas, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la comunicación, entre otras (Talan y Gulsecen, 2019; Zhou, 2023).

Por todas estas oportunidades, diversas instituciones y administraciones educativas están promoviendo diferentes acciones formativas en torno a los modelos y metodologías enriquecidas con tecnologías digitales, así como en el desarrollo de la CDD. Incluso, hace unos años se registraba un creciente interés hacia modelos híbridos en los cuales es clave la presencia de recursos tecnológicos (Moreno, 2019a; Sang et al., 2023).

### **1.1. Entornos enriquecidos con tecnologías**

Los entornos o ambientes enriquecidos o mejorados con tecnologías (en inglés, *technology enhanced learning* o *technology enriched learning*) son definidos por algunos autores como aquellos entornos físicos o presenciales en los que se incluyen recursos tecnológicos con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje (Kurt, 2014; Wakil et al., 2017).

En este sentido, se debe tener en cuenta el concepto de tecnocentrismo, puesto que para mejorar un entorno educativo con tecnologías debe existir un balance entre las dimensión técnica, social y pedagógica (Cowling et al., 2022). Principalmente, porque en ninguna práctica educativa, el uso tecnológico debe condicionar la metodología o los contenidos abordados, sino todo lo contrario. Primero se deben definir las estrategias metodológicas y la cultura del aprendizaje de cualquier propuesta de innovación, para seguidamente, escoger las herramientas digitales más apropiadas y las que mejor se adecúen a los objetivos y al contexto previsto (Al Maani y Shanti, 2023; Prendes-Espinosa, 2018).

En relación a la premisa expuesta en torno al diseño de entornos enriquecidos con tecnologías digitales en este punto es preciso aludir los principios de la integración curricular de las TIC. Este ámbito de investigación es una de las piedras angulares de la disciplina de la Tecnología Educativa, la cual contempla diversos apuntes clásicos, como que el valor de la calidad educativa no depende del tipo de recurso tecnológico, sino en el uso que se hace del mismo, puesto que el objetivo es integrar curricularmente las TIC, y no integrar estas al currículum educativo (Gros, 2000; Sánchez-Ilabaca, 2003). Según algunas de las referencias más actuales (Doria y Larreal, 2023; Valiente et al., 2022), la integración curricular de las TIC sigue suponiendo un campo de interés para implementar propuestas de innovación docente apoyadas en TIC. Sin embargo, se añaden dos nuevos focos de atención:

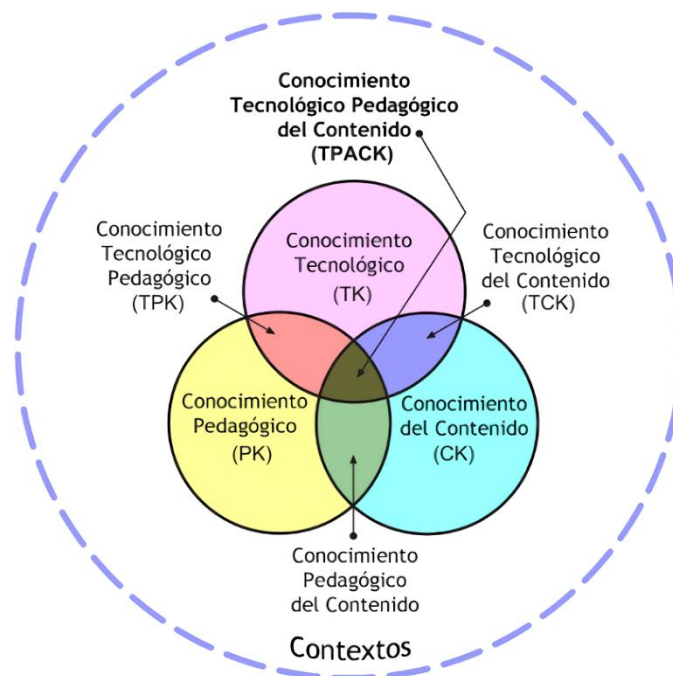
1. La necesidad de abordar también las tecnologías en sí mismas.
2. La necesidad de contemplar el desarrollo de la CD en estudiantes y docentes.

Si ahora se hace una mirada retrospectiva y se tiene en cuenta toda la trayectoria de investigación en torno a la integración curricular de las TIC, una de las tendencias más extendidas ha sido el establecimiento de líneas de actuación para integrar de manera pertinente y eficaz los recursos tecnológicos en el aula.

De tal modo que se han ido publicando diversos modelos para tal fin, uno de los más conocidos es el modelo TPACK (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido, o en inglés, *Technological Pedagogical Content Knowledge*) (Mishra y Koehler, 2006). Este marco de referencia presenta tres tipos de conocimientos: el de los contenidos (saberes que el docente tiene sobre la disciplina que enseña), el pedagógico (saberes sobre las metodologías de enseñanza y aprendizaje) y el tecnológico (conocimientos sobre diferentes tecnologías). La interrelación entre los tres saberes promueve una óptima integración curricular de las TIC (Koehler et al., 2015) (Figura 3).

**Figura 3**

*Modelo de integración de las TIC TPACK*



Fuente: <https://bit.ly/40A6gkj>

El modelo TPACK, en alguna ocasión también se ha fusionado con otro modelo conocido como SAMR (Drugova et al., 2021), con el objetivo de cubrir una perspectiva más amplia sobre el proceso de implementar el uso de la tecnología en el ambiente educativo.

El modelo SAMR, al igual que el TPACK, también ha sido ampliamente usado para integrar satisfactoriamente y evaluar las TIC con un fin didáctico, independientemente de la etapa o de los objetivos didácticos (Morales-García et al., 2022). De una manera más concreta, este modelo propone una taxonomía de cuatro niveles jerárquicos. Estos, ordenados de menor a mayor son: sustitución, aumento, modificación y redefinición. Los dos primeros tienen la intención de mejorar la práctica docente con el uso de las TIC, mientras que los dos últimos buscan la transformación mediante el rediseño y la creación de actividades (Figura 4). A través de los cuatro niveles se pretende evaluar y

categorizar el uso de los recursos tecnológicos en el contexto educativo (Bicalho et al., 2022).

**Figura 4**

*Modelo SAMR de integración de las TIC*



Fuente: <https://bit.ly/41Unz0r>

Además de ambos modelos comentados, también existen otros como los recogidos en Sosa y Valverde (2022). Dos de ellos son: el modelo e-capacidad a partir del que se expone que la integración de las TIC no es un proceso individual docente, sino un fenómeno social. Y se estructura en torno a cinco círculos concéntricos:

1. Aspectos externos a la escuela.
2. Aspectos del clima escolar.
3. Aspectos TIC en la escuela.
4. Características TIC del profesorado.
5. Uso real de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Y otro caso, es el que presenta una perspectiva aún más amplia a partir de siete factores clave: roles dentro de la escuela, roles fuera de la escuela, organización del aprendizaje, clima organizacional, capacitación y desarrollo, infraestructura y recursos y política de las TIC.

Incluso, existen modelos todavía más concretos destinados a contextos educativos rurales, como es el caso del modelo MITIC, en el que se recogen los roles familiares, directivos, administrativos, docentes, estudiantes y del gestor TIC (García-Amaya et al., 2017).

Tal y como se ha expuesto, integrar las tecnologías digitales en el aula no debe ser una acción fortuita y precipitada, sino que tienen que ser sistemática y reflexiva. Por ello, el hecho de diseñar actividades basadas en el uso de tecnologías es una oportunidad que, siempre y cuando se haga siguiendo los modelos y los principios comentados, se

puede aplicar en cualquier etapa educativa y con cualquier finalidad de aprendizaje, puesto que existen experiencias desarrolladas tanto en la Educación Infantil, en la Educación Secundaria, en la Universidad (Downie et al., 2021; Pérez-Benítez, 2022; Ricardo et al., 2021), o incluso, en otros contextos educativos, como son las aulas hospitalarias (Prendes y Serrano, 2012; Serrano-Sánchez et al., 2015).

La etapa educativa no tiene por qué ser un factor determinante en el tipo de recursos tecnológicos que se utilicen, puesto que el uso de la mayor parte de las tecnologías es adaptable a cualquier etapa y objetivo. En este sentido, algunos ejemplos serían: el uso de recursos audiovisuales en el aula de Primaria para hacer excursiones virtuales (García et al., 2023), o el uso de recursos audiovisuales en el aula universitaria para abordar contenidos de Física (Echiburu et al., 2023). De este hecho se extrae un principio tan esencial como es el de la flexibilidad de las tecnologías digitales, puesto que se emplean con estudiantes de una edad bastante diferenciada y con finalidades totalmente diversas.

Tal y como se ha expuesto, no existe ninguna limitación al abordar las tecnologías digitales en función de la etapa o el fin didáctico debido al carácter flexible de dichos recursos. Sin embargo, el rápido avance tecnológico sí que causa una mayor complejidad. En este sentido, existen investigaciones que analizan los recursos más utilizados en el contexto educativo según los años de referencia. En el caso de Area-Moreira et al. (2016) se destaca la Pizarra Digital Interactiva (PDI), los ordenadores, los proyectores multimedia y el acceso a internet. Sin embargo, si se replica esta investigación en otro momento se extraerían otros resultados totalmente diferentes.

Al respecto, el concepto de tecnologías avanzadas o emergentes pone de manifiesto la variable del tiempo, puesto que las tecnologías avanzadas se definen como aquellas tecnologías digitales más recientes y que incluso, algunas de ellas están en pleno desarrollo y todavía no se ha llegado a comprender su posible aplicación práctica (Prendes y Cerdán, 2021). Algunas de las mismas son la realidad mixta o extendida, la robótica, la inteligencia artificial (IA), las analíticas de aprendizaje, el *Big Data*, entre otras. Sin embargo, dichas tecnologías avanzadas, con el tiempo dejarán de ser consideradas como tales y en su lugar serán otras.

Por mencionar algunos ejemplos prácticos actuales de entornos enriquecidos con tecnologías avanzadas, cabe mencionar el empleo de RA para tratar una necesidad educativa como es la dislexia en estudiantes de Primaria (Lazo-Amado y Andrade-Arenas, 2023); la RV para trabajar la habilidad de empatía con el alumnado de Educación Infantil (Muravevskaia y Gardner-McCune, 2023); el uso de videojuegos con el objetivo de aprender codificación informática en el contexto universitario (Azmi et al., 2023), entre otras muchas propuestas.

El hecho de integrar estas tecnologías en el aula no está exento de problemas o desafíos. Principalmente, porque tal y como se ha expuesto previamente, la tarea docente requiere tanto un adecuado bagaje de conocimientos teóricos de la disciplina a enseñar, como de conocimientos metodológicos a través de los que facilitar el aprendizaje. Si además se contempla el hecho de incorporar tecnología, entonces también se demanda un óptimo desarrollo de la competencia digital docente (CDD). Y este factor es uno de los que sigue siendo uno de los principales focos de interés en relación a la integración de las TIC en el aula (Inamorato dos Santos et al., 2023).

Sin embargo, el óptimo desarrollo competencial no es el único desafío al que se enfrenta el desarrollo de los entornos enriquecidos con tecnologías digitales, sino que

existen otros muchos, los cuales, están sujetos a los factores de tiempo y espacio. Expresado de otro modo, los problemas o riesgos de integrar las tecnologías digitales en el entorno educativo dependen del momento y el lugar de referencia en el que se analicen. De manera general, por mencionar algunos de los que se han extraído a lo largo de la trayectoria de investigación, cabe destacar: escaso equipamiento tecnológico disponible, falta de modelos para la adecuada integración, insuficiente formación permanente, escasa motivación profesional, etc. (Barrantes, 2011; Hepp et al., 2017).

Además de los desafíos expuestos en relación a la integración de las tecnologías digitales, también existen ciertos riesgos o problemas ligados a la implementación de una propuesta educativa basada en las tecnologías digitales. Estos pueden estar relacionados con los recursos y el apoyo técnico disponible, la capacitación docente, así como el uso responsable y adecuado de la tecnología por parte del alumnado. Algunos de los problemas más extendidos son: una escasa actualización o mantenimiento de los dispositivos y aplicaciones digitales, lo que podría dificultar el desarrollo de buenas prácticas educativas; también, tanto por parte de los docentes, como del alumnado, se puede producir una situación de *burnout*, incluso ocasionado por el tecnoestrés. Asimismo, se podría desarrollar una perspectiva tecnocentrista en torno a la que se desdibujan las finalidades educativas, o incluso, una implementación muy superficial que tenga una escasa o ninguna correspondencia con la actividad propuesta (Burch y Miglani, 2018; Gómez, et al., 2019; Li y Liu, 2022).

Los desafíos y los problemas que existen en torno al desarrollo de entornos enriquecidos con tecnologías digitales ha sido motivo de preocupación, tanto por parte de las diversas comunidades educativas, como de las administraciones públicas de diferentes países. Por dicha razón, a lo largo del tiempo, se han propuesto numerosas iniciativas a través de las que se puedan prevenir ciertos riesgos. Por mencionar algunas de ellas: se han desarrollado iniciativas concretas a nivel de centro educativo o de clase, como la recogida en Lötter y Jacobs (2020), la cual consiste en una propuesta de BYOD (*Bring Your Own Device* o en español, trae tu propio dispositivo) para estudiantes universitarios.

Por otro lado, a nivel nacional, existe por ejemplo, el programa español Escuela 2.0., a través del que se ofrece formación profesional en torno al uso de tecnologías vinculadas a la educación y también, se refuerza el equipamiento tecnológico, así como la creación de contenidos educativos digitales (González y Martín, 2019; Paños-Castro et al., 2022). Incluso, a nivel político europeo también se ha desarrollado el Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027 (Digital Education Action Plan) a partir del que se busca mejorar las infraestructuras, la conectividad, la alfabetización digital, entre otras propuestas para favorecer la igualdad de oportunidades entre los estados miembros de la Unión Europea (Comisión Europea, 2020a).

## **1.2. E-Learning**

Tal y como se ha evidenciado previamente, la integración de las tecnologías al contexto educativo ayuda a confeccionar un escenario totalmente nuevo, en el que las metodologías, el sistema de evaluación, la gestión de la docencia, entre otros factores, son totalmente diferentes a como se desarrollarían a través de un modelo tradicional, en el que los recursos digitales no estuviesen presentes.

Al contemplar el uso de la tecnología con el objetivo de enseñar, no solo se puede aumentar o enriquecer un entorno presencial, sino que se pueden crear entornos educativos totalmente nuevos a partir de digitalizar los contenidos y toda la acción



docente (Castañeda et al., 2017). De esta forma, el *e-learning* se presenta como uno de los modelos más extendidos en relación a la enseñanza a distancia.

El desarrollo de la formación en línea de una manera precipitada como ocurrió durante la pandemia, en palabras de autores como Hodges et al. (2020), no se corresponde con la creación de un ecosistema educativo robusto a distancia mediado por la tecnología. Principalmente, porque la implementación de un modelo de enseñanza de *e-learning* en el que se virtualiza toda la acción formativa (acceso, desarrollo, evaluación, comunicación...) exige una reflexión pedagógica más sistemática a partir de la que se contemplen todas las características y fundamentos propios de este tipo de enseñanza.

El avance progresivo de plataformas virtuales para la gestión académica, de entornos colaborativos de enseñanza, entre otras herramientas digitales, ha propiciado también un mayor interés por parte de las entidades educativas a la hora de ofertar planes de estudio totalmente en línea. Sin embargo, si no se tienen en cuenta los principios de la educación a distancia o de la educación no presencial, la innovación técnica y la incorporación de recursos tecnológicos para la educación virtual podrían ofrecer más inconvenientes que ventajas.

Por ello, para el desarrollo de propuestas de *e-learning*, es importante conocer la evolución del concepto de la educación a distancia, puesto que esta no se ha desarrollado exclusivamente en relación a los últimos avances tecnológicos, sino que tiene una trayectoria de más de 70 años ligada a la evolución tanto de los medios de comunicación, como de las experiencias de aprendizaje de unos momentos históricos concretos.

Al respecto, uno de los primeros hitos en la enseñanza a distancia fue la instrucción vía correo postal para aprender labores técnicas por parte de diferentes centros de trabajo. Asimismo, la manera de popularizar dicha forma de enseñanza desde una perspectiva formal fue a través del concepto de *estudio independiente* del pedagogo Wedemeyer. Seguidamente, la telefonía fija y la noción de *conversación guiada* con objetivos educativos también supuso un avance en materia de enseñanza a distancia. Posteriormente, se alcanzan otros logros, como *la teoría de la distancia transaccional* antes de las últimas generaciones de educación a distancia en torno a los 80 con la aparición de los primeros equipos informáticos, y en torno a los 90 con la extensión de internet. Actualmente, estamos ante la quinta generación de educación a distancia en la que destaca el dinamismo, la integración de diversas tecnologías digitales, así como el desarrollo del rol de productores y mediadores de contenidos digitales por parte de estudiantes y docentes (Rivera et al., 2017; Ulloa, 2021).

La evolución de la educación a distancia ha supuesto un tema de estudio a lo largo del tiempo, e incluso, se ha teorizado al respecto creando tres generaciones a partir de las que agrupar los hitos más destacados. En primer lugar, la generación cognitivo-conductista, mediada por tecnologías como la televisión o la radio, y cuyas principales actividades de aprendizaje estaban relacionadas con la lectura y la visualización; seguidamente, la generación constructivista, con tecnologías como conferencias (audio, vídeo y web) a partir de las que ya se podía discutir y crear de una manera conjunta; y por último, la generación del conectivismo, donde tiene una gran importancia la web 2.0., las redes sociales, entre otras tecnologías que favorecen la exploración, la conexión, la creación y la evaluación en línea (Anderson y Dron, 2011).

Si el foco de atención no es la educación a distancia en general, sino que es el concepto de *e-learning*, este también ha estado sujeto a una constante evolución. Las primeras prácticas se basaban en el acceso a contenidos digitales a través de un CD-ROM, o bien, por correo electrónico, es decir, un modelo educativo basado en contenidos mediados por ordenadores. Posteriormente, cuando avanzó la tecnología de redes, se desarrollaron las primeras prácticas a partir de las que los usuarios podían acceder a una intranet a través de un servidor centralizado.

Desde el desarrollo de la comunicación multimedia, así como el auge de los cursos online basados en la web en torno a los 80 y 90, el concepto del *e-learning* ya incorpora una perspectiva de educación activa, así como de interacción. Desde estos hitos hasta la actualidad, se han ido incorporando otras tecnologías que han enriquecido el diseño de una enseñanza totalmente virtual, promoviendo el desarrollo de otras iniciativas de formación en línea, como son los *Massive Open Online Courses (MOOC)* (Huynh et al., 2020; Souabi et al., 2021).

Atendiendo a las definiciones que se han publicado respecto a este modelo de enseñanza, se destaca que el *e-learning* es una modalidad educativa que surge como una respuesta a las demandas formativas de la sociedad debido al avance de las TIC y su implementación en el entorno educativo. Concretamente, el *e-learning* se basa en una enseñanza a distancia mediada por internet a través de entornos virtuales. A partir de esta definición, se amplían algunos principios de este modelo, como su actual naturaleza constructiva y colaborativa, puesto que su práctica no se basa en el simple acceso a contenidos digitales, sino a la interacción y la colaboración entre sujetos; independientemente de los roles de estudiante o docente, puesto que se generan comunidades virtuales educativas (Rivera et al., 2017).

En torno a principios fundamentales del *e-learning*, también destaca la asincronía como una característica principal para favorecer la flexibilidad que tanto define a las experiencias de formación en línea. Las propuestas de *e-learning* asincrónicas permiten a los estudiantes acceder a los contenidos y comunicarse con el resto de participantes de cualquier acción formativa cuando lo consideren más oportuno. Asimismo, a través de la experiencia asincrónica también se posibilita el acceso ilimitado a la explicación de un concepto, por ejemplo, a través de un vídeo. Este hecho no sería posible si la propuesta de *e-learning* se desarrolla de forma sincrónica, y la única forma de acceder a la explicación de los contenidos es a través de las videoconferencias programadas (Ravizza et al., 2023). A pesar de las oportunidades que posibilita la asincronía a la formación en línea, también se ha destacado que en ocasiones, los estudiantes prefieren modelos sincrónicos, puesto que existen mayores oportunidades de participación e interacción (Francescucci y Rohani, 2019).

Totalmente vinculada a esta característica de la asincronía, también destaca la autonomía o la autorregulación del alumnado como una ventaja o posibilidad que ofrece el *e-learning*. Sin embargo, en algunas ocasiones también se aborda esta posibilidad como un riesgo, puesto que requiere de un compromiso constante por parte de los estudiantes para evitar algunos problemas, como la procrastinación de tareas (Nisha y Renumul, 2023).

A pesar de la discusión existente entre propuestas sincrónicas y asincrónicas, también se obtiene que ambas modalidades pueden ser iguales de eficaces y cómodas; puesto que desde la experiencia de algunos estudiantes, ambas obtienen los mismos resultados positivos. Sin embargo, se han averiguado unas diferencias en relación a que el aprendizaje asíncrono ofrece ventajas respecto a la gestión del tiempo, mientras que

el aprendizaje sincrónico potencia la interacción durante las sesiones de aprendizaje (Alzahrani et al., 2023).

De manera independiente a si una propuesta de *e-learning* es de tipo sincrónico, asincrónico o una combinación de ambos, esta tiene que diseñarse atendiendo a unas metodologías y estrategias de evaluación acordes al contexto y a los objetivos perseguidos.

A lo largo de la evolución del *e-learning*, las posibilidades educativas que se han ofrecido han sido diferentes, pero siempre ligadas al desarrollo tecnológico del momento. En este sentido, Llorente (2012) puso de relieve la importancia que tiene contemplar las innovaciones en la formación en línea desde la perspectiva metodológica, y no tecnológica. Principalmente, debido a que la integración de diversas tecnologías digitales a la experiencia de aprendizaje virtual no tiene por qué cambiar la naturaleza tradicional o transmisora de información.

A partir de esta reflexión, cabe destacar que en la actualidad, son numerosas las metodologías activas que incluso se han adaptado a la modalidad de enseñanza virtual. Estas metodologías no son exclusivas de la educación presencial, sino que a través de internet también se desarrollan experiencias formales de gamificación, por ejemplo, para estudiantes universitarios a través de incorporar sistemas de puntos, insignias, tablas de clasificación, niveles, entre otros componentes (Khaldi et al., 2023); propuestas de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Wang et al., 2023); e incluso, el aprendizaje colaborativo para la enseñanza virtual asincrónica, donde los estudiantes puedan intervenir e interactuar en diferentes momentos sin la necesidad de estar conectados simultáneamente (Marquez et al., 2023).

En torno a la evaluación en los modelos de enseñanza virtual, Barberá (2016) reflexiona sobre la importancia de contemplar el sistema evaluativo como un proceso que se extiende a toda la experiencia de enseñanza-aprendizaje, y que no solo se sitúa al final de la propuesta. A partir de este aporte, se debe afirmar, que en el modelo de *e-learning* actual tiene cabida cualquier tipo de evaluación propio de la educación presencial, como por ejemplo, la coevaluación o la evaluación entre pares a partir de herramientas online, como wikis, foros y chats (Bouhmid, 2019); o también, la evaluación sumativa a través de entrevistas realizadas por conexión directa a través de videoconferencias, exámenes tipo test o la entrega de un portafolio (Basogain-Urrutia, 2021). A pesar de estas oportunidades para adaptar algunas estrategias de evaluación a la virtualidad, el *e-learning* también posibilita algunas formas de evaluación que son inherentes a la tecnología, como es el caso de la evaluación automática, la cual se puede utilizar tanto de manera diagnóstica, como formativa, o sumativa. En la evaluación automática no es necesaria la validación docente, sino que se obtiene una visualización de los resultados de manera instantánea al resolver un cuestionario, o incluso, en la actualidad, también existen propuestas de evaluación automática para tareas de desarrollo, como pueden ser los ensayos escritos por el alumnado (Amalia et al., 2023).

Para aplicar las metodologías y estrategias de evaluación comentadas se pueden aplicar diferentes herramientas digitales. Sin embargo, en el contexto del desarrollo de una educación en línea, es fundamental contemplar una plataforma de gestión del aprendizaje, o en inglés, *Learning Management System (LMS)*. A partir de esta se favorece el acceso a los contenidos, la comunicación entre estudiantes y profesorado, la evaluación a través de diversas herramientas digitales, la consulta de la organización y la administración del curso, entre otras funciones que posibilitan el desarrollo de una

experiencia integral de aprendizaje mediada por la tecnología (Shurygin et al., 2021). Además de esta plataforma principal, también se hace uso de otras herramientas digitales complementarias, como las herramientas para el diseño de contenidos digitales, el uso de redes sociales con un objetivo académico, entre otras posibilidades.

A la hora de diseñar una propuesta orgánica en la que encajen herramientas, metodologías, evaluaciones y finalidades educativas, se tienen que tener también en cuenta una serie de limitaciones o riesgos. En primer lugar, a nivel de desarrollo competencial, puesto que tanto docentes, como estudiantes deben ser digitalmente competentes para aprovechar el potencial que ofrece el *e-learning*, ya que toda la acción formativa se desarrolla a través de medios digitales. Por dicha razón, en la actualidad, existe una gran implicación a nivel administrativo e institucional para potenciar la CD en el ámbito educativo, puesto que en diversos contextos se está implementando la certificación o acreditación digital docente (Palacios, 2022).

Por otro lado, la perspectiva técnica también es fundamental a la hora de favorecer una infraestructura tecnológica adecuada, así como una conexión a internet estable, debido a que tal y como se ha evidenciado, la brecha digital de acceso a la tecnología continúa suponiendo un obstáculo para el correcto desarrollo del *e-learning*, como es el caso concreto de diversos estudiantes de Secundaria (Samane-Cutipa et al., 2022).

Por último, otro de los riesgos relacionados con el uso extendido de recursos tecnológicos en entornos virtuales de enseñanza, es sentirse víctimas de situaciones de cibercacoso, así como también, de otros riesgos propios de internet, como es la infección del equipo por *malware*, el desarrollo de prácticas de *phishing*, etc. (António et al., 2023; Pillajo y Avila, 2023).

### 1.3. B-Learning

La enseñanza semipresencial o *b-learning* es aquella que se desarrolla tanto en entornos presenciales, como a través de los entornos virtuales.

Respecto a la enseñanza presencial de una propuesta de *b-learning*, esta suele estar enriquecida con tecnologías, puesto que en la misma se suele utilizar la plataforma LMS de referencia, así como también, se emplean otras tecnologías complementarias. Por otro lado, la práctica educativa virtual de una experiencia semipresencial también puede desarrollarse tanto de una manera exclusivamente asincrónica, como sincrónica, o incluso, una combinación de ambas opciones (Area-Moreira, et al., 2023; Bizami et al., 2023).

A raíz de las diferentes combinaciones comentadas, a lo largo del tiempo se han expuesto diversos modelos cuya finalidad es crear una clasificación de modalidades de enseñanza semipresencial a partir del protagonismo o el uso que se haga de los entornos presenciales y de los entornos virtuales. En este sentido, existen diversos trabajos que recogen los modelos de *b-learning* existentes (Krismadinata, 2020; Sahoo y Bhattacharya, 2021):

- Modelo de rotación (*rotation model*). En este caso destaca la enseñanza presencial frente a la virtual. Y generalmente, destaca por el sistema de rotación de estudiantes que existe en función de las tareas que tengan que desarrollar en un entorno u otro. A continuación, se concretan tres modelos de rotación:
  - Rotación de estación (*station rotation*). Existe un horario fijo para que los estudiantes roten por todas las estaciones disponibles en el entorno presencial. Al menos una de las estaciones debe contemplar el uso de

entornos virtuales. Un modelo muy extendido es el de tres estaciones: estación dirigida por el profesor (tutorías con grupos pequeños para resolver cualquier duda y explicar contenidos de la sesión), estación online (visualización de vídeos, diseño de contenidos digitales, realización de cuestionarios, entre otras posibilidades) y estación offline (actividades manipulativas, reflexivas o de discusión, pero donde no se contempla el uso de internet).

- Rotación de laboratorio (*Lab rotation*). Existe un horario fijo al igual que en el caso anterior, y también, los estudiantes rotan. Sin embargo, la única diferencia frente a la rotación de estación, es que en ese modelo, todas las estaciones se encuentran dentro del mismo aula; mientras que en la rotación de laboratorio existe un cambio físico de aulas. En el laboratorio, los estudiantes acceden a entornos virtuales a través de ordenadores o tabletas para trabajar los contenidos, mientras que en el entorno presencial interactúan con los profesores para resolver dudas o enriquecer una explicación.
- Rotación individual (*Individual rotation*). En este caso, es el profesorado, o bien, un algoritmo que tiene en cuenta las preferencias de aprendizaje y las necesidades de cada estudiante, el que crea un itinerario para cada estudiante, a partir del que rote por las diferentes estaciones. Mientras que unos estudiantes están recibiendo la instrucción directa por parte del docente, otros podrían estar en el laboratorio, y otros desarrollando una tarea grupal. A diferencia de otros modelos, cada estudiante no tiene por qué rotar a todas las estaciones que existan, sino solo a las que se contemplen en el itinerario personalizado.
- Modelo flexible (*flex model*). De un horario establecido, los estudiantes eligen en qué momento asisten al entorno presencial para trabajar en pequeños grupos o realizar tutorías individuales con el profesorado. Los materiales y las instrucciones para llevar a cabo las diferentes actividades de aprendizaje se facilitan en línea. Mientras que el trabajo en grupo se desarrolla en entornos presenciales enriquecidos con tecnología donde siempre se encuentra el profesor u otros profesionales acreditados.
- Modelo de autocombinación (*self-blend model*) o a la carta. Los estudiantes realizan unos cursos en línea para complementar las sesiones presenciales, donde se imparten los contenidos principales de la titulación. En este caso, los estudiantes tienen la libertad de enriquecer y ampliar su aprendizaje presencial con acciones formativas en línea sobre contenidos concretos, los cuales no se abordan en las sesiones presenciales.
- Modelo virtual enriquecido (*enriched virtual model*). Una alternativa donde el entorno virtual tiene un mayor protagonismo que la educación presencial. Los estudiantes desarrollan la mayor parte del curso de manera online, tanto en casa, como en cualquier lugar con acceso a internet, y solo asisten de manera puntual al entorno presencial para tener sesiones con el docente. A diferencia del modelo anterior, en este caso, la formación en línea no es optativa.

En algunos trabajos, el aula invertida (*flipped classroom*) también se aborda como un modelo propio del *b-learning* (Basori et al., 2023). Sin embargo, el aula invertida como una posibilidad de metodología activa también es una idea muy extendida en la literatura

científica educativa (Masegosa, 2023). Al respecto, el aula invertida como metodología activa implica que esta pueda ser utilizada de manera puntual durante el desarrollo de una unidad didáctica o un tiempo concreto, como un trimestre. Sin embargo, un modelo u otros conceptos más amplios, como son los de enfoque o paradigma, implican que su práctica se deba extender durante el desarrollo de la acción formativa completa (Santillán-Aguirre, 2022).

En relación al aula invertida, la cual es una de las nociones más populares relacionadas con las experiencias educativas semipresenciales, cabe destacar que presenta también ciertas diferencias frente a los modelos previamente mencionados, y por lo tanto, el concepto de aula invertida tiene una identidad propia sin tener que adherirse a ninguno de los modelos anteriores.

En primer lugar, la definición que los propios autores hacen del concepto, es que lo que tradicionalmente sucedía presencialmente, con la clase invertida sucede en casa y viceversa. De una manera más precisa, definen que el primer paso es que los estudiantes vean en casa, antes de la clase presencial, un vídeo, recursos interactivos, una presentación visual... sobre los contenidos, el cual suele ser creado por sus profesores. Incluso, en ciertas ocasiones, los estudiantes deben realizar sencillas tareas de manera virtual que complementan la visualización del vídeo o el recurso utilizado. Seguidamente, en la sesión presencial, al inicio de esta se resuelven las dudas y posteriormente, el docente presenta la actividad a desarrollar, la cual está totalmente vinculada con los contenidos abordados, pero desde una perspectiva práctica. Para ello, se puede presentar una actividad de aprendizaje basado en problemas, una actividad manipulativa de tipo experimental, entre otras (Bergmann y Sams, 2012).

A continuación, a partir de Pozo-Sánchez et al. (2023), en la Tabla 6 se presenta una comparación entre el método tradicional expositivo y el aprendizaje invertido, en la que también se añade que después de la sesión presencial, los estudiantes en el aula invertida suelen reforzar los contenidos abordados en la misma a través de recursos digitales complementarios.

**Tabla 6**

*Comparación entre método tradicional y aula invertida*

Periodo	Método tradicional expositivo	Aula invertida
Antes de la sesión presencial	Docente: diseño de la presentación teórica. Alumnado: lectura voluntaria de contenidos que se trabajarán.	Docente: diseño de actividad prácticas para la sesión presencial. Alumnado: visualización de vídeos u otros recursos y realización de tareas sencillas.
Durante la sesión presencial	Docente: Exposición oral de los contenidos. Alumnado: Atiende la explicación y voluntariamente toma notas.	Docente: Orienta y asesora a los estudiantes, así como resuelve dudas. Alumnado: Desarrolla actividades y dinámicas sobre los contenidos.
Después de la sesión presencial	Docente: diseña la siguiente presentación teórica. Alumnado: realiza las tareas que el docente ha indicado en la sesión.	Docente: diseña los siguientes vídeos o recursos y actividades para clase. Alumnado: realizan virtualmente tareas complementarias de refuerzo.

Fuente: adaptación a partir de Pozo-Sánchez et al. (2023) (P. 385)

De manera complementaria a la estructuración expuesta en torno a tres fases, cuyo epicentro es la sesión presencial, también existen otras propuestas basadas en cinco fases. Las que se diferencian de las ya expuestas son: la asunción de un cambio de roles de estudiantes y docentes; la búsqueda de materiales ya creados por parte de otros docentes; y también, la modificación de materiales creados haciendo un uso adecuado, tanto de los mismos, como de los nuevos recursos complementarios, es decir, respetando las licencias que tengan (Sánchez-Rodríguez et al. 2017).

Actualmente, el aula invertida continúa siendo un objeto de estudio en total evolución. Por ello, existen diversos trabajos que ofrecen propuestas actualizadas, como es el caso de enriquecer el concepto original al fusionarlo con otra metodología activa, como es la gamificación (Ekici, 2021). En otros casos, también destaca el empleo de aplicaciones digitales totalmente relacionadas con esta metodología, como *Edpuzzle*. Esta herramienta permite la grabación y la edición de vídeos a través de incorporar actividades tipo test, preguntas de respuesta corta, de verdadero y falso, etc. De esta forma, el docente obtiene unas analíticas a tiempo real sobre la visualización del vídeo y la adquisición de conocimientos a través del mismo (Soriano-Pascual et al., 2022).

El concepto de aula invertida se podría confundir con otros modelos, como es el caso del modelo virtual enriquecido. Referente a esto se debe destacar, que en dicho modelo no se contempla la asistencia diaria al entorno presencial, mientras que en el aula invertida sí que es obligatoria la presencialidad de forma cotidiana. Principalmente, porque en la misma es donde se complementa la acción formativa a través de la colaboración entre estudiantes y el desarrollo de tareas que favorecen el desarrollo competencial y la adquisición de los conocimientos desde una perspectiva práctica.

Se termina haciendo alusión a los resultados procedentes de revisiones sistemáticas y metaanálisis que evidencian que los estudiantes prefieren los modelos de *b-learning*, frente a otros de tipo únicamente presencial o virtual (Dedeilia et al., 2023). Principalmente, por la característica de flexibilidad que el *b-learning* ofrece a los estudiantes.

#### **1.4. M-Learning y U-Learning**

El campo de la tecnología está expuesto a un continuo avance, lo que condiciona la aparición de nuevos conceptos relacionados con el progreso de la experiencia educativa desde la perspectiva digital. En este sentido, los conceptos de *m-learning* y *u-learning* ofrecen un enfoque actualizado de la educación a distancia a partir de la integración de tecnologías, algunas de las cuales emergentes.

El desarrollo de los dos conceptos mencionados va ligado al de *e-learning*, puesto que este marca el inicio de una nueva era en torno a la educación a distancia. En este sentido, cabe destacar, que el *m-learning* se considera una evolución del *e-learning*; mientras que el *u-learning* sería una evolución del *m-learning* (Zaré y Sarikhani, 2016).

Originalmente, el concepto de *e-learning* supuso un gran avance en materia de flexibilidad en el entorno educativo, ya que cualquier estudiante o docente podía desarrollar una acción formativa totalmente completa y formal sin necesidad de desplazarse a un mismo lugar de referencia para atender sesiones presenciales, o para realizar trabajos prácticos, o incluso, para adquirir los recursos necesarios para llevar a cabo su tarea académica. Sin embargo, el avance tecnológico en cuestión de conectividad y de movilidad fue notorio, y por consiguiente, las posibilidades educativas se ampliaron.

El desarrollo de las redes inalámbricas, así como el de dispositivos móviles (ordenadores portátiles, PDA, *Smartphones* y tabletas) permitió romper la barrera que el *e-learning* establecía en relación a tener que conectarse a internet desde un ordenador de sobremesa o portátil, pero siempre con una conexión a internet por cable de red. Ambos avances mencionados permitieron la aparición del concepto del *m-learning*.

De una manera más precisa, el *m-learning* se define como el enfoque educativo que contempla el uso de dispositivos móviles conectados a internet para llevar a cabo una experiencia de aprendizaje integral. Frente al *e-learning*, el *m-learning* defiende el principio de poder formarse en cualquier lugar y momento, lo que incluso estaría suponiendo una mayor amplitud del concepto de flexibilidad (Behera, 2013). El *m-learning* por tanto, es un concepto que posibilita visualizar y descargar documentos de manera instantánea, responder mensajes, conectar a una videoconferencia, realizar tareas, entre cualquier otra actividad propia de la acción educativa a distancia, sin necesidad de permanecer en un mismo lugar, o durante un horario concreto.

Por otro lado, al abordar las corrientes de investigación más actuales en torno al concepto de *m-learning*, se halla que este se ha fusionado con otros conceptos de interés científico actual, como es el de aprendizaje adaptativo. El *m-learning*, por naturaleza, permite que el estudiante escoja dónde, cuándo, cómo y qué quiere aprender. Sin embargo, si a esta oportunidad de autonomía se le añaden otras tecnologías como las analíticas de aprendizaje, la IA, entre otras, se obtienen propuestas también como la de Ramírez y León (2023), la cual consiste en una App para dispositivos móviles que integra un módulo de evaluación diagnóstica adaptativa a partir de la que obtener recomendaciones personalizadas para cada estudiante.

La combinación del *m-learning* con metodologías activas también es una línea de investigación actual que está en pleno desarrollo, y es que se han implementado experiencias a distancia únicamente a través de aplicaciones gamificadas, por ejemplo, para trabajar contenidos de química con estudiantes universitarios (Petritis et al., 2022), o de Educación Física a través de redes sociales como *Edmodo* (Montiel-Ruiz et al., 2023). De esta forma, el alumnado podía acceder a la plataforma en cualquier momento y lugar para realizar sus actividades al mismo tiempo que también logra desbloquear recompensas, progresar en sus barras de nivel, entre otras acciones propias de la gamificación. Asimismo, también se ha complementado el *m-learning* con otras metodologías activas, como es el uso del aprendizaje colaborativo a través de las redes sociales con fines didácticos (Alismaiel et al., 2022).

El empleo de tecnologías complementarias como la RA y RV también es una realidad extendida en cuanto al uso del *m-learning*, puesto que con el fin de suplir las experiencias prácticas o manipulativas, las experiencias de laboratorio y similares, se han desarrollado prácticas de *m-learning* basadas en dichas tecnologías a partir de las que el alumnado se pueda sentir inmerso en un entorno de trabajo parecido al real y participar en simulaciones. En muchos casos, estas iniciativas se desarrollan en contextos donde se trabajan sobre todo las ciencias, como la física, la biología, etc. o incluso también, la ingeniería (Acevedo et al., 2022; Peramunugamage et al., 2023).

El hecho de fusionar conceptos como los mencionados no es la única alternativa que existe en la actualidad a la hora de seguir enriqueciendo el concepto original de *m-learning*. Principalmente, porque también se han desarrollado propuestas para facilitar el diseño de una experiencia educativa basada en este enfoque. Que el *m-learning* sea una posibilidad que favorece la autonomía y la flexibilidad no implica que no sea



necesaria la sistematicidad y la rigurosidad en el proceso de diseño, sino todo lo contrario. Por ello, teniendo en cuenta la gran cantidad de Apps con enfoque educativo que progresivamente se están desarrollando, Expósito et al. (2023) presentan la creación de un instrumento de evaluación de Apps educativas para dispositivos móviles. Más concretamente, se ha diseñado y validado una rúbrica de evaluación de Apps a partir de cinco dimensiones, que son: el desarrollo personal, el desarrollo (meta)cognitivo, el desarrollo del aprendizaje y de competencias; y también, el desarrollo social y la dimensión técnica. A partir de dicho instrumento se posibilita el diseño de cualquier experiencia de *m-learning* a través de Apps complementarias de una manera totalmente coherente con las finalidades educativas perseguidas.

En este punto es preciso destacar que, a diferencia del *e-learning*, que ofrece la oportunidad de una formación integral completamente virtual; en algunas ocasiones, el concepto de *m-learning* se contempla como una posibilidad para enriquecer la enseñanza presencial, ya sea utilizando puntualmente los dispositivos móviles en el entorno presencial a modo de recurso educativo; o también, complementando el entorno presencial con una App o plataforma utilizada fuera del entorno educativo, lo que en determinados trabajos se ha definido como una práctica de *b-learning* (Ustun, 2019).

Tal y como se ha indicado al inicio, los conceptos de *e-learning*, *m-learning* y *u-learning* evidencian una evolución de la educación a distancia a través de la incorporación de la tecnología digital y el tipo de conectividad. Por ello, respecto al *u-learning* se expone que es un progreso del *m-learning* y que actualmente está en pleno desarrollo. Hasta el momento, las implicaciones educativas se han basado más en el marco de las Apps ubicuas, y no tanto en el marco del *u-learning* (Parlakkiliç, 2020).

Y es que, en numerosos trabajos se define el *u-learning* como el enfoque que permite aprender en cualquier lugar y en cualquier momento (Chen et al., 2022; Sam et al., 2021); sin embargo, dicha apreciación es la misma que se hace bajo el concepto de *m-learning*, tal y como se ha visto previamente. Por lo tanto, ¿cuál es la diferencia que existe entre el *m-learning* y el *u-learning*?

Por ello, se considera fundamental partir de una perspectiva generalista donde se aborde el concepto base de donde proviene el aprendizaje ubicuo, es decir, el de tecnología de computación ubicua, o en inglés, *ubiquitous computing technology*.

El concepto de computación ubicua fue desarrollado por el informático Mark Weiser, a partir del mismo se ha tratado de establecer una perspectiva futurista sobre el desarrollo de los sistemas informáticos. En relación a la computación ubicua, el principio que mejor lo define es la omnipresencia, en el sentido de flexibilidad y adaptación a multitud de contextos y situaciones concretas. No obstante, el creador del concepto también contempla la invisibilidad de la tecnología como una de las características definitorias. En relación a ello se puede destacar que es una tecnología diminuta e inserta en diferentes entornos y objetos, como también hace alusión a la interconexión inalámbrica que posibilita la comunicación entre la tecnología (Pungus et al., 2019).

De una manera más precisa, algunas de estas principales tecnologías que se asocian al concepto de computación ubicua son los sensores, los sistemas de identificación por radiofrecuencia, los sistemas integrados, etc. Asimismo, también es preciso añadir que, según las referencias utilizadas, el entorno ubicuo no solo se aprecia como una modalidad de la enseñanza en línea, sino también, como un entorno integrado donde se desarrolla la actividad docente tanto en el ciberespacio a través de sitios virtuales, como también en el espacio físico a través de lugares presenciales (Toyib, 2020). No

obstante, para la presente Tesis Doctoral, el *u-learning* se establece como el enfoque más avanzado de la educación a distancia a través a tecnologías. Mientras que el caso comentado se vinculará más adelante con la práctica de Entornos Inteligentes de Aprendizaje (SLE).

También, de manera muy relacionada con la tecnología de computación ubicua, destaca un concepto bastante popular en la actualidad, el de internet de las cosas, o en inglés, Internet of Things (IoT). Concretamente, se define como la interrelación de dispositivos tecnológicos con otros objetos e incluso personas que cuentan con identificadores únicos (UID) y la capacidad de poder transferir información por medio de una red sin necesidad de una interacción directa entre personas, o entre personas y dispositivos tecnológicos (Parlakkiliç, 2020).

Además, hay trabajos que incluso desarrollan el concepto de computación ubicua habilitada para IoT, o en inglés *IoT-Enabled Ubiquitous Computing*. A partir este concepto se expone que la información que reciben los usuarios a través de los dispositivos móviles puede ser totalmente personalizada teniendo en cuenta: factores contextuales, el tipo de perfil de usuario, su forma más común de interactuar, su ubicación exacta y la hora, el contexto social y las condiciones ambientales de la clase de referencia, como la iluminación, la calidad de aire, la temperatura, la acústica, el color, etc. De esta forma, un usuario puede recibir una opción u otra de navegación o de actividades según el momento o lugar donde se encuentre, también el contenido expresado con un lenguaje textual o visual diferente, la existencia de multicanales comunicativos, entre otras posibilidades a partir de los datos recabados por los sensores fijos y portátiles y de la comunicación por internet y la computación en la nube (Moreno-Moreno y Palau, 2023; Not et al., 2020).

De manera muy próxima al concepto de computación ubicua, así como al de IoT, también se debe destacar el concepto de la conciencia del contexto, o en inglés, *context awareness*; incluso, existen trabajos que vinculan todos los conceptos mencionados (Huang et al., 2023).

A pesar de ser conceptos que comenzaron a investigarse hace años desde una perspectiva teórica, Kofi y Simon (2022) destacan que es en la actualidad cuando se han convertido en un campo emergente de la investigación.

En relación a la conciencia del contexto se expone que es una característica propia de la computación ubicua, a través de la cual se favorece el procesamiento de los datos que los sensores han recogido. Concretamente, la conciencia del contexto decide qué datos deben procesarse en relación a la información contextual, como por ejemplo, la ubicación y la hora, para que así puedan ser viables para ser procesados por el IoT. Expresado de otro modo, se encarga de seleccionar la información relevante en función de la información contextual para que pueda ser procesada por el IoT (Almusaylim y Zaman, 2019). De una manera más precisa, Vallejo-Correa et al., (2021) recogen las diferentes dimensiones y variables que se pueden tener en cuenta a la hora de definir la información contextual (Tabla 7).

**Tabla 7***Dimensiones y variables de la información contextual (conciencia del contexto)*

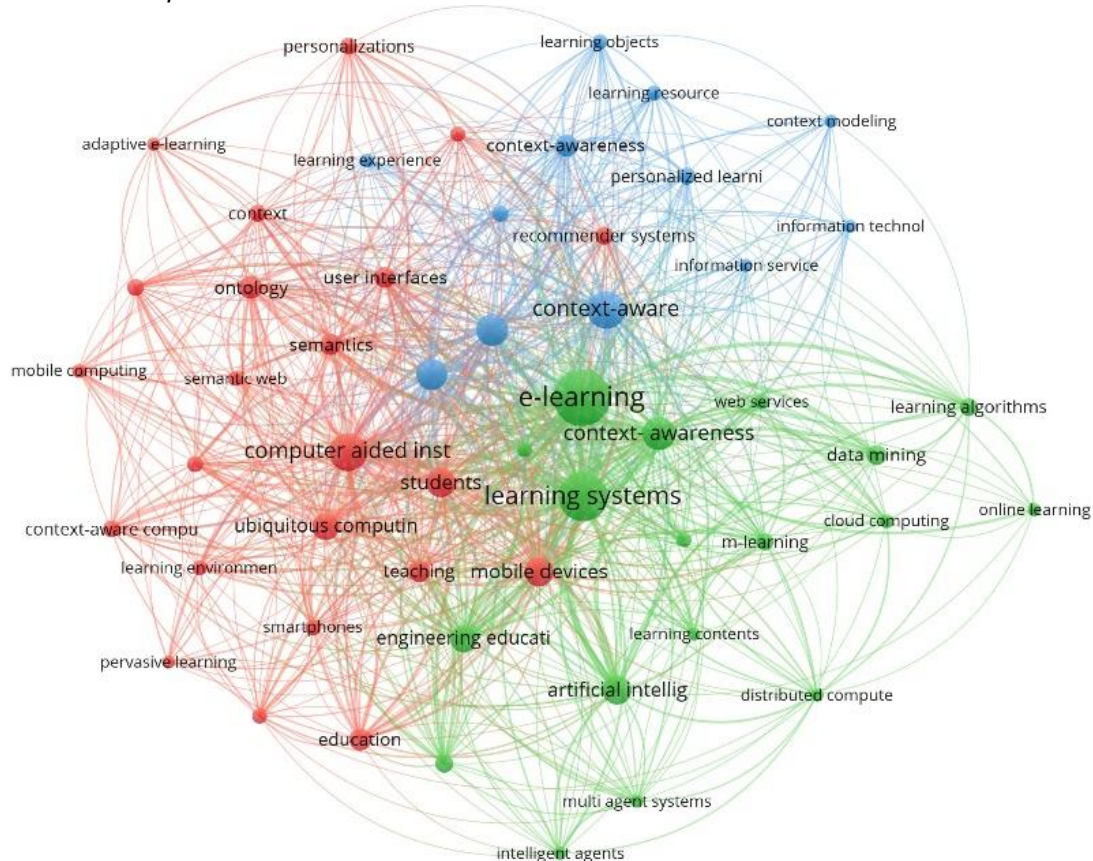
	Dimensiones	Variables
Contexto de aprendizaje	Diseño del aprendizaje	Objetivos de aprendizaje, modelos pedagógicos, actividades de aprendizaje, funciones de los participantes y herramientas y recursos.
	Información sobre el alumno	Perfil de competencia (conocimientos, aptitudes y actitudes), función, características personales semipermanentes (estilo de aprendizaje, necesidades e intereses de aprendizaje, discapacidades físicas o de otro tipo, etc.)
Contexto móvil	Información temporal del alumnado	Información personal temporal (estado de ánimo, preferencias, necesidades, intereses, etc.)
	Información sobre las personas	Funciones, relaciones, contribuciones y limitaciones.
	Información sobre el lugar	Localización, zonas, espacio interactivo, bagaje cultural y entorno de aprendizaje.
	Características del dispositivo software	Sistema operativo, versión de los navegadores, aplicaciones instaladas, etc.
	Características del dispositivo hardware	Espacio en disco duro, capacidad de RAM, resolución de la pantalla, etc.
	Tiempo	Duración de la tarea, tarea programada, acción y disponibilidad.
	Condiciones físicas	Iluminación, nivel de ruido, condiciones meteorológicas, etc.

Fuente: adaptación a partir de Vallejo-Correa et al. (2021) (p. 3)

Asimismo, de manera complementaria, Vallejo-Correa et al. (2021) también exponen los términos más habituales en relación a la conciencia del contexto. En referencia a ello se aprecian conceptos de gran interés relacionados con la temática, algunos de los cuales se han referido previamente de manera explícita. Algunos ejemplos de conceptos destacables son: aprendizaje adaptativo, inteligencia artificial, algoritmos de aprendizaje, personalización, sistemas de aprendizaje, web semántica, entre otros que se aprecian en la Figura 5.

**Figura 5**

Red de conceptos vinculados con la conciencia del contexto



Fuente: Vallejo-Correa et al. (2021) (p. 8)

Una vez abordada la naturaleza del concepto de *u-learning* y por consiguiente, conociendo los conceptos de computación ubicua, IoT y conciencia del contexto, es momento de exponer los principios del aprendizaje ubicuo. El *u-learning* destaca frente a otros conceptos ya vistos por su alta capacidad de flexibilidad y de adaptación, puesto que constantemente se están recolectando y procesando datos con el objetivo de generar una experiencia de aprendizaje lo más personalizada posible a partir de diversos factores, como la información contextual, o también, las preferencias de aprendizaje (Adewale et al., 2022).

El *u-learning* continúa desdibujando las líneas de la enseñanza presencial, ocasionando así que no existan horarios ni lugares de referencia para desarrollar la experiencia educativa, puesto que el alumnado puede acceder en cualquier lugar y momento a los materiales de enseñanza, también pueden comunicarse de manera sincrónica o asincrónica cuando consideren oportuno. Asimismo, los estudiantes pueden llevar a cabo diversas tareas adaptadas a su contexto, sus preferencias y sus necesidades recibiendo un *feedback* instantáneo. Además, el alumnado gestiona y dirige su propio proceso de aprendizaje decidiendo en qué momento interrumpir el proceso y retomarlo (Márquez-Rodríguez y Díaz-Montalvo, 2019).

Asimismo, en Hidalgo et al. (2015) se expone una visión mucho más reducida del concepto, la cual no contempla ninguno de los principios y tecnologías comentadas hasta el momento. Concretamente, de manera simplificada se define el *u-learning* como la evolución del *e-learning* a partir de sumarle la movilidad que caracteriza al *m-learning*.

Además, se afirma que es un enfoque más característico de la educación informal (Hidalgo et al., 2015).

Tal y como se ha indicado, son definiciones muy reducidas, que incluso podrían generar el desarrollo de una concepción errónea sobre el aprendizaje ubicuo.

Asimismo, la futura expansión de este enfoque está sujeta a una serie de riesgos o de posibles inconvenientes que se podrían desarrollar (Márquez-Rodríguez y Díaz-Montalvo, 2019):

- Una desactualización docente y estudiantil referente a este cambio de paradigma. A partir del cual tiene que existir un cambio de roles respecto a los que se desarrollan en el marco de otros enfoques educativos, ya sean a distancia o presenciales.
- Que tanto docentes, como estudiantes no tengan adquiridas las suficientes competencias digitales para enfrentarse de manera satisfactoria a una propuesta de *u-learning*, lo que conllevaría al desarrollo de una alfabetización digital tanto profesional, como dirigida al alumnado.
- La administración educativa también debe actualizar su rol en cuanto a la gestión de la experiencia de aprendizaje. Concretamente, a partir de supervisar los nuevos entornos generados, para así mantener actualizada la infraestructura tecnológica y el adecuado desarrollo de la propuesta.
- Una brecha digital de acceso, puesto que el *u-learning* es un enfoque que requiere la utilización de diferentes tecnologías avanzadas, lo cual también podría suponer una dificultad para los sujetos que están inmersos en un contexto social vulnerable o en situación de pobreza.
- El *u-learning* pone de manifiesto la actual sociedad de la información y el conocimiento en la que vivimos, puesto que constantemente se están generando y recolectando datos, así como también, siempre se estaría expuesto a la posibilidad de formarse. De esta forma, cualquier usuario debe saber desarrollarse en una realidad en la que siempre está presente la tecnología digital, así como el acceso constante a la información.

Tal y como se ha indicado, el *u-learning* es un enfoque de educación a distancia emergente, sobre el cual no se han desarrollado tantas experiencias como en el caso del *e-learning*. Incluso, es un concepto que continúa concretándose de manera teórica, lo que condiciona que existan dificultades de aplicación práctica. No obstante, a pesar de ello sí que se han llevado a cabo diversas propuestas, aunque algunas de las mismas, como las que se exponen a continuación, no evidencian en la práctica algunos de los principios y de las tecnologías expuestas.

Un caso, por ejemplo, es el de una experiencia que se basa principalmente en la plataforma de enseñanza *Moodle*. En relación con ello se destaca que el *u-learning* puede desarrollarse con sistemas de aprendizaje en línea, puesto que los mismos apoyan los principios del aprendizaje ubicuo en el sentido de la flexibilidad de uso de la plataforma, posibilidad de comunicación en un entorno digital, inmediatez de acceso a los materiales requeridos, entre otros (Suartama et al., 2020). Sin embargo, aunque en el trabajo se expone que también está recogido el principio del *context-awareness* a través del uso de videoconferencias o mensajes, en ningún momento se contempla el uso de las tecnologías propias de la conciencia del contexto, de la computación ubicua o del IoT.

Otro caso es el de Toyib et al. (2020), en el que se recoge la experiencia de un aula ubicua. Un entorno que realmente no se contempla en el enfoque de aprendizaje ubicuo expuesto. Principalmente, porque el *u-learning* se corresponde con el último nivel de evolución de la formación a distancia.

El aula ubicua de Toyib et al. (2020) sí que contempla el uso de tecnologías ubicuas y de IoT, como etiquetas RFID en la puerta para identificar la asistencia y monitorizar las entradas y salidas; sistemas de iluminación que se ajustan automáticamente; ajuste de temperatura también automático, etc. Sin embargo, es preciso destacar que este ejemplo de aula ubicua se utilizará en la última sección del presente capítulo para vincularlo con uno de los conceptos principales de esta tesis doctoral, es decir, con los SLE.

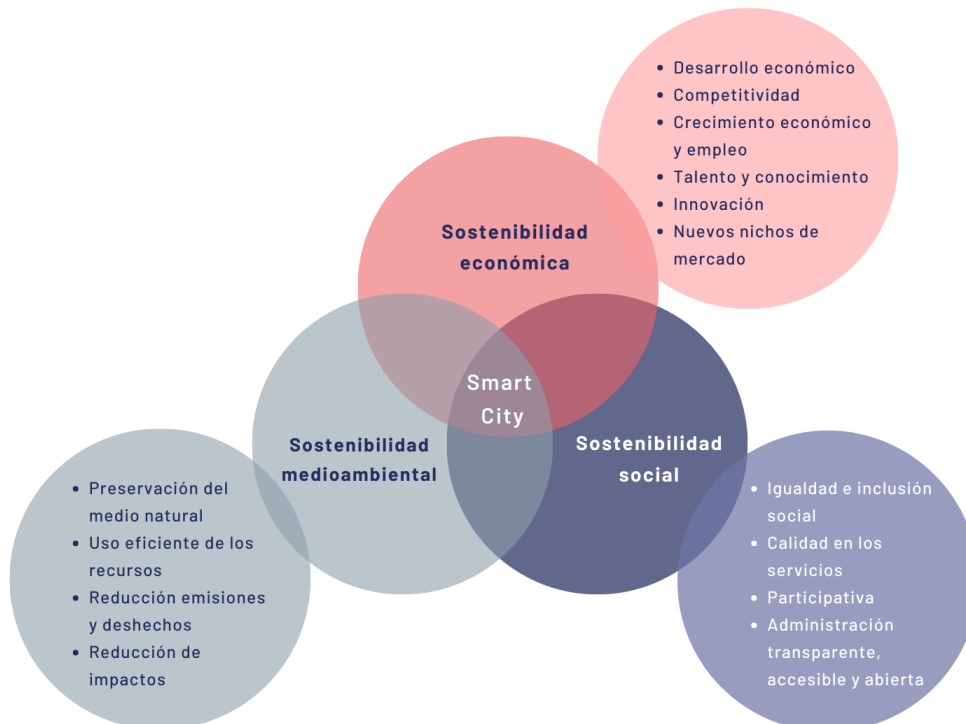
## 2. Hacia la construcción de los espacios inteligentes

### 2.1. La *Smart City* o ciudad inteligente como concepto de origen

A lo largo de la historia, las ciudades siempre han estado expuestas a la integración de cualquier tipo de mejora para favorecer y optimizar la vida de sus ciudadanos o turistas. Más aún a partir de los años noventa cuando comienza a desarrollarse el concepto de ciudad inteligente con la ambición de mejorar tres elementos: la energía, la movilidad y las TIC. Con el paso del tiempo, la implicación de los gobiernos, la participación de empresas tecnológicas y los estudios desarrollados por universidades y otros centros de investigación han propiciado la inversión y la continuidad del concepto de ciudad inteligente hasta la actualidad promoviendo la sostenibilidad en diversos aspectos (Figura 6) (Fernández-Áñez y Fernández-Güell, 2019).

**Figura 6**

*Sostenibilidad en las ciudades inteligentes*



Fuente: elaboración propia a partir de Guajardo-Fajardo (2018) (p. 11)

Posteriormente a esta fase inicial de las ciudades inteligentes, las TIC ya no se aprecian como una dimensión en sí misma y se definen como dimensión transversal para fomentar un enfoque holístico y multidisciplinar con el que optimizar cualquier servicio público, así como la participación ciudadana y el empoderamiento.

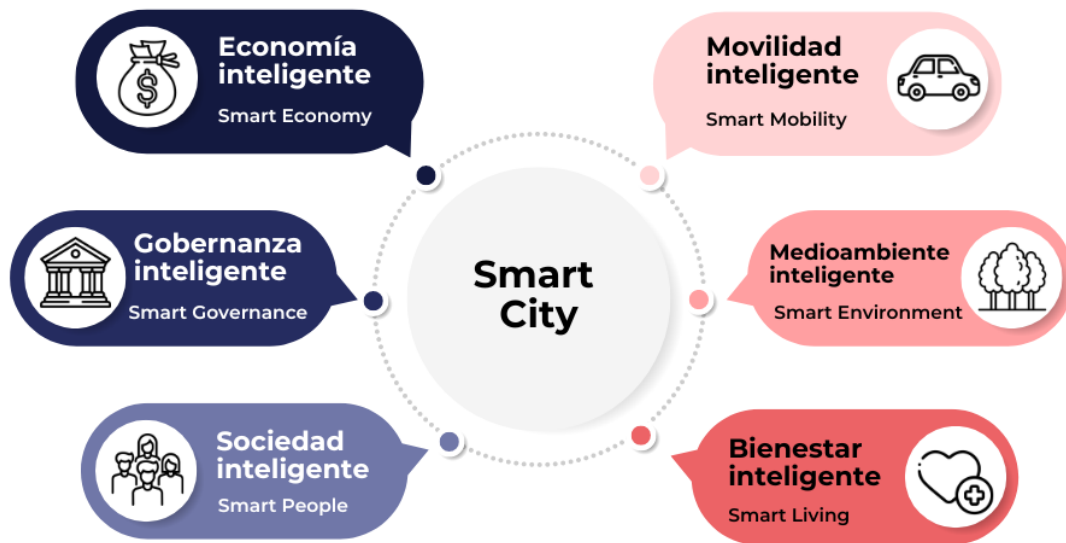
De esta forma, hoy en día todas las dimensiones propias de una ciudad están englobadas en el concepto de ciudad inteligente, puesto que a través de diversas tecnologías lo que se pretende es mejorar la seguridad pública, la sostenibilidad y la perspectiva ecológica, la economía, la sanidad, la educación, el ocio... (Minea y Dumitrescu, 2023).

Para ello, principalmente, las ciudades están integrando dispositivos en los espacios físicos relacionados con diversas tecnologías avanzadas propias de la cuarta revolución industrial, como *Big Data*, IoT, IA, computación en la nube y sensores que permitan a los ciudadanos o turistas desarrollar cualquier actividad de una manera mucho más eficiente y sostenible (Kaginalkar et al., 2023; Stavropoulos et al., 2023).

El horizonte de convertirse en ciudad inteligente está extendido en una multitud de ciudades de todos los continentes. No obstante, a lo largo de estos años se han comparado diferentes modelos de ciudades inteligentes, como Singapur, China, Ámsterdam, o incluso, ciudades españolas como Barcelona. Principalmente, los puntos en común de la gran mayoría de los casos estudiados son: la instalación en el medio físico de sensores para medir la calidad del aire, la temperatura y la humedad, y así tomar decisiones políticas al respecto; implementar sistemas de transporte inteligente que permitan a los ciudadanos acceder a información en tiempo real sobre las rutas de transporte y sus horarios; sistemas de iluminación inteligente que se ajustan automáticamente a las condiciones ambientales mejorando el consumo energético; optimización de la gestión de residuos; transformación del paradigma educativo hacia uno más adaptativo y personalizado; uso de dispositivos móviles para monitorizar el estado de salud de una persona enferma y recibir recomendaciones automáticamente, entre otras medidas (Asri y Jarir, 2023; Brandajs y Russo, 2023; Jiang et al., 2023). De una manera general, Guajardo-Fajardo (2018) establece seis ejes en torno a los que se desarrolla cualquier ciudad inteligente (Figura 7).

Figura 7

Ejes de una ciudad inteligente



Fuente: elaboración propia a partir de Guajardo-Fajardo (2018) (p. 43)

A pesar de todas las oportunidades identificadas, también existen ciertas críticas o temores respecto a las ciudades inteligentes. Principalmente, porque existen corrientes que consideran las tecnologías digitales como herramientas de control y vigilancia de la población, lo que podría poner en peligro la privacidad y la seguridad de los ciudadanos. Además, los altos costes de implementación y el riesgo de exclusión de aquellas ciudades que no tienen acceso a estas tecnologías son temas que también se están teniendo en cuenta, puesto que se puede agravar el estado de la brecha digital (Bardin, 2021; Lakshmi et al., 2022).

Concretando ahora en el marco nacional de España, en julio de 2014, comenzó a desarrollarse el Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, el cual finaliza en diciembre de 2023. Esta iniciativa fue promovida por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación digital. Precisamente, lo que se impulsa a través del mismo es el desarrollo de la industria tecnológica para transformar según los principios inteligentes las ciudades españolas, tanto con el fin de optimizar la vida cotidiana de cualquier ciudadano, como para mejorar la experiencia turística de cualquier visitante. Por ello, se han implementado un total de 28 proyectos en diferentes ciudades<sup>5</sup>, Comunidades Autónomas e islas.

Por mencionar algunas propuestas concretas, por ejemplo: en Murcia se aprobó el proyecto *MiMurcia: Tu Ayuntamiento Inteligente, Cercano, Abierto e Innovador*. A partir del mismo se trata de, entre otras acciones, crear una plataforma inteligente en la que se agrupen todas las áreas del ayuntamiento evitando la fragmentación de la información. Expresado de otro modo, la principal finalidad es cambiar la forma en la que el ciudadano y el ayuntamiento se ha comunicado hasta ahora, ya que se apuesta por una comunicación omnipresente, es decir, en cualquier lugar y momento. Para ello, se establecen cuatro ejes a partir de las que se desarrollan las principales funciones de la plataforma:

<sup>5</sup> <https://bit.ly/3ZMIOME>



1. Eje comunica (nuevos canales de comunicación, entre los que se incluyen las suscripciones personalizadas y geolocalizadas a canales culturales o de ocio para conocer la última información al respecto).

2. Eje resuelve (repositorio de soluciones a través de la que los ciudadanos puedan resolver cualquier trámite administrativo).

3. Eje abierto (un portal de transparencia donde se tenga acceso a diferentes bases de datos)

4. Y por último, eje sostenible (todas aquellas iniciativas orientadas a mejorar la eficiencia energética a partir de hacer uso de un sistema de alumbrado inteligente, gestión del tráfico de la ciudad, optimización del regadío de espacios públicos, etc.).

Todos estos ejes se ponen en práctica a partir del desarrollo de Apps para los ciudadanos, la instalación de sensores y otros dispositivos para la monitorización y análisis de las actividades desarrolladas en la ciudad (Esmartcity, 2020).

Por otro lado, el caso de Las Palmas de Gran Canarias, a través de su proyecto *LPA Inteligencia Azul* no se enfoca tanto a la comunicación con el Ayuntamiento de la ciudad, sino más bien, a fomentar el crecimiento *azul* de su ciudad, por ejemplo, optimizando el uso del agua y reduciendo los niveles de contaminación marina. No obstante, también se persigue gestionar y mejorar el turismo de mejor manera, como instalando un servicio de pago inteligente para el transporte público; la interconexión remota de semáforos que tengan en cuenta el estado real del tráfico; el desarrollo de los parkings inteligentes a través de las Apps; la creación de una plataforma de inteligencia turística para monitorizar la actividad de los turistas y extraer los datos que permitan optimizar el turismo, entre otras iniciativas (Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, 2015).

Tal y como se ha evidenciado con estos dos proyectos concretos, todas las iniciativas desarrolladas en España tienen algunos puntos en común, aunque también muchas diferencias atendiendo al contexto y a las necesidades priorizadas. Sin embargo, de una manera generalizada y con vistas al horizonte, desde Europa se establecen diferentes planes para continuar alcanzando diferentes logros relacionados con las ciudades inteligentes, entre algunos de ellos, destacan: mercado de ciudades inteligentes<sup>6</sup>, misión de horizonte Europa sobre ciudades inteligentes y climáticamente neutras<sup>7</sup>, así como diversos proyectos concretos: CitiMeasure, DS4SSCC, entre otros<sup>8</sup>.

## 2.2. Concepto y características de los SLE

Tal y como se ha expuesto, con motivo del constante desarrollo de las tecnologías inteligentes y otras tecnologías avanzadas, las ciudades se han visto expuestas a una inevitable transformación de todas sus dimensiones. En este sentido, la educación también se aprecia como un objeto de cambio, y por ello, son diversas las propuestas que han ido surgiendo a lo largo de los últimos años para renovar los entornos educativos. Una renovación que no solo suponga un cambio o una actualización de sus recursos o la disposición del mobiliario, sino que provoque un cambio real a partir del que se desarrolle una experiencia educativa totalmente vinculada con los progresos tecnológicos, las demandas de aprendizaje y las preferencias de los estudiantes. De esta forma, han surgido diversas propuestas como los espacios *maker* o *makerspaces*

---

<sup>6</sup> <https://bit.ly/3GvfO9b>

<sup>7</sup> <https://bit.ly/3ZWkvQ9>

<sup>8</sup> <https://bit.ly/41ggOGb>

a partir de los que el alumnado puede diseñar y construir cualquier tipo de artefacto, robot, etc.; también, las aulas de emprendimiento, aunque más enfocadas a la Formación Profesional, pero proponiendo un entorno de trabajo donde se puedan desarrollar proyectos basados en experiencias reales poniendo en práctica diversas competencias transversales; o incluso, otros entornos conocidos como las aulas interdisciplinarias, las aulas creativas, o las ya abordadas en la sección anterior, las Aulas del Futuro (Hilario et al., 2022).

Las tendencias de la tecnología educativa, tal y como ya se han aludido, están surgiendo en torno a la IA, las analíticas de aprendizaje, la redefinición de las modalidades instruccionales y el aprendizaje híbrido o *b-learning* (EDUCAUSE, 2022). Al respecto, existe un concepto que aúna todos estos avances, este es el de entornos inteligentes de aprendizaje o educación inteligente o también, clase inteligente. Entre otras razones que se abordan a lo largo de esta sección, Rajesh y Reena (2015) ya destacaron casi hace una década que la educación inteligente es un concepto muy amplio que comprende el desarrollo de diversas prácticas de enseñanza y aprendizaje haciendo uso de tecnologías emergentes o disruptivas en el campo de la educación, como el uso de sensores, robótica, inteligencia artificial, tecnología omnipresente, etc. En este sentido, también se destaca que los entornos diseñados bajo una perspectiva de *smart* tienen que orientarse siempre a favorecer un entorno ergonómico y flexible a partir del que pueda cubrirse cualquier demanda de aprendizaje.

Sardinha et al. (2018) relacionan el concepto de los ecosistemas educativos inteligentes con el de concepto de FCL a raíz de la actual predisposición institucional y administrativa por desarrollar entornos educativos presenciales enriquecidos con tecnologías emergentes. Asimismo, tanto en las AdF o FCL, al igual que en las clases inteligentes, el principal objetivo que se persigue es el desarrollo de metodologías basadas en la implicación activa del alumnado, la personalización según las particularidades de cada estudiante, y por consiguiente, el incremento del rendimiento y la motivación hacia el aprendizaje.

Llegados a este punto donde surge una primera confluencia de conceptos, es decir, entre AdF o FCL y SLE o aula inteligente, se considera de especial interés matizar algunas de las diferencias conceptuales más relevantes, y que así, el resto de la investigación esté justificada bajo un mismo marco de referencia conceptual.

En primer lugar, respecto a todos los conceptos relacionados con la característica *smart*, se debe exponer que existen diversos conceptos, como: *smart learning environments*, *smart education*, *smart learning*, *smart students*, *smart materials*, *smart evaluation*, entre otros (Elgohary et al., 2023; Fu, 2022; Verma y Khanna, 2023). Sin embargo, para este trabajo es de interés hacer una distinción únicamente entre los entornos inteligentes de aprendizaje o, en inglés, *Smart Learning Environments* (SLE), las aulas inteligentes (*smart classrooms*), y también, el aprendizaje inteligente (*smart learning* o *smart pedagogy*).

Estos tres conceptos aludidos presentan diversos factores en común, los cuales están relacionados con el cambio de manera de entender la educación a partir de la integración de diversas innovaciones a la experiencia educativa. Sin embargo, entre ellos existen diferencias según la naturaleza del concepto, ya sea de corte teórico o práctico, y también, según el entorno educativo (entorno presencial enriquecido con tecnología o entorno semipresencial o híbrido).

De una manera más precisa, se debe destacar que la educación inteligente es un concepto teórico, o incluso, se podría decir que abstracto, a partir del que se establecen los fundamentos de este enfoque educativo. Al respecto, se indica que la educación inteligente se basa en aquella que busca generar un entorno donde la tecnología inteligente tiene un papel fundamental para lograr la flexibilidad, la personalización y el rendimiento en la actividad académica. Incluso, diversos autores han tratado de definir los principios de la educación inteligente a partir de las iniciales de la propia palabra SMART: *situated learning* (S), *mastery learning* (M), *adaptive learning* (A), *reflective learning* (R) and *thinking tools* (T) (Meng et al., 2020).

De todos los principios señalados, se destaca sobre todo el de *adaptive learning*, porque tal y como es señalado en diversos trabajos (Anil y Moiz, 2019; Molina-Carmona y Villagrà-Arnedo, 2018), algunos de los conceptos predecesores y más definitorios de la educación inteligente son los de educación personalizada, educación adaptativa o educación a medida. Expresado de otro modo, todas aquellas experiencias de aprendizaje que se han basado en el diseño de itinerarios o actividades de aprendizaje atendiendo a las necesidades y preferencias de cada estudiante. Para ello, se tienen en cuenta tanto las características individuales, como las respuestas que van emitiendo los estudiantes. Sin embargo, hasta el desarrollo tecnológico avanzado no se ha potenciado el aprendizaje adaptativo, debido sobre todo al empleo de recursos digitales que permiten el almacenamiento de una gran cantidad de datos, el análisis de los mismos de manera inminente y la creación de sugerencias y actividades totalmente adaptadas a todas las variables tenidas en cuenta (resultados, preferencias, dificultades, necesidades de aprendizaje, bagaje del estudiante, etc.). Esta oportunidad de llevar a cabo experiencias únicas o personalizadas a través del uso de tecnologías inteligentes y otras tecnologías avanzadas es uno de los principios fundamentales de la educación inteligente.

Tal y como se está exponiendo, son diversos los principios que a lo largo del tiempo han definido la educación inteligente. Sin embargo, y aproximando el concepto teórico a la realidad práctica, en la siguiente Tabla 8 recogen los nueve principios que deben estar presentes en cualquier entorno donde se esté desarrollando una educación inteligente.

**Tabla 8**

*Principios de la educación inteligente para el entorno físico del SLE*

Principio	Descripción
Flexibilidad del entorno físico	Los entornos físicos de un SLE deben ser flexibles y ergonómicos, a partir del que se favorezca la reagrupación del alumnado de una manera ágil y sencilla, el uso de varios recursos y también, la realización de diversas actividades de manera paralela.
Adaptabilidad	Se deben tener en cuenta las necesidades y preferencias no solo de los estudiantes, sino también de los profesores implicados en el SLE. Además, estos entornos tienen que disponer de las tecnologías necesarias para atender cualquier dificultad del aprendizaje.
Comodidad	Las personas involucradas en la experiencia de aprendizaje deben sentirse cómodas al realizar cualquier tipo de actividad independientemente de su naturaleza. De tal forma, que se tiene que fomentar el bienestar a

	partir de un mobiliario cómodo, así como de cualquier recurso complementario para tal fin.
Multiplicidad	Siempre se debe facilitar la accesibilidad a cualquier fuente de información a partir de diversos formatos. Asimismo, tienen que contemplarse el empleo de múltiples recursos a partir de los que favorecer la creatividad, el pensamiento, entre otras habilidades.
Conectividad	Conectividad en dos sentidos: una conectividad digital relacionada con una óptima conectividad de red inalámbrica para posibilitar la movilidad por el espacio. Y por otro lado, la conectividad social e informativa, totalmente vinculada con la teoría del conectivismo.
Personalización	El entorno no será estable, sino que se irá personalizando según los gustos y necesidades de estudiantes y profesorado.
Orden y organización	Deben establecerse unas normas en cuanto al almacenamiento y orden de los diferentes recursos y mobiliario del aula, puesto que el entorno siempre tiene que estar a disposición de ser utilizado por cualquier otro estudiante o grupo.
Apertura	Este principio es para resaltar la importancia de proponer actividades o proyectos que puedan tener una continuidad en cualquier momento y lugar fuera de la clase física ordinaria.
Seguridad	Espacios tan enriquecidos de tecnologías demandan una alta seguridad, tanto en para evitar accidentes físicos, como también, por la seguridad en red.

Fuente: traducido y adaptado a partir de Bautista y Borges (2013) (p. 19)

También se puede diferenciar los conceptos de naturaleza práctica, es decir, entre los SLE o los ecosistemas educativos inteligentes y las aulas inteligentes. Tal y como se ha expuesto en la tabla previa, los SLE deben contemplar un aula física o un entorno presencial de referencia. Ésta es la que se conoce como aula inteligente. De una manera más precisa, se define como un aula enriquecida con diversos recursos tecnológicos inteligentes, los cuales complementan las metodologías activas implementadas con la finalidad de incrementar el rendimiento de los estudiantes, así como su autonomía, creatividad y su pensamiento (Cebrián et al., 2020; Kaimara et al., 2021).

La tecnología que se contempla en las aulas inteligentes es muy variada, y dependerá en gran medida del presupuesto disponible, así como de otros factores, tales como la infraestructura tecnológica que ya tenga el centro educativo, la formación profesional respecto al uso de dichos dispositivos, las inquietudes y ambiciones de la comunidad educativa, etc. No obstante, sí que existen trabajos que ofrecen una visión panorámica sobre el uso de diferentes tecnologías emergentes en las aulas inteligentes; principalmente, se destaca el empleo de la inteligencia artificial junto con las analíticas de aprendizaje o *Big Data* para fomentar la adaptación del proceso de aprendizaje. No obstante, también se contemplan las plataformas de *e-learning*, las pantallas digitales e interactivas, la realidad virtual y aumentada, los chatbots, la robótica, los edificios inteligentes a través de sensores que midan diversos factores como el sonido, la temperatura, la iluminación, etc. (Aydin y Göktaş, 2023; Dimitriadou y Lanitis, 2023).

Además de los diferentes recursos tecnológicos mencionados, otros trabajos, de manera aún más específica, también profundizan en el uso que se hace en las aulas inteligentes, por ejemplo, de la tecnología RFID para monitorear el posicionamiento de los estudiantes y del profesor a lo largo de las sesiones presenciales en el aula

inteligente, también para controlar la asistencia de los estudiantes a clase, o incluso, para recopilar o recuperar cualquier información de los estudiantes de manera inmediata (Bdiwi, et al., 2019a; Razzaq et al., 2023).

Sobre la tecnología IoT también se han desarrollado diversos trabajos donde se profundiza en su uso, y es que a través de la misma se garantiza la interconexión entre todos los dispositivos a través de una red inalámbrica a partir de la que se permite el intercambio de información. Es una tecnología clave para la automatización y personalización, que complementa a otras tecnologías claves de las aulas inteligentes, como es la IA y las analíticas de aprendizaje. Algunos casos concretos sobre los que se ha analizado la función de la IoT es por ejemplo para la creación de grupos y asignación de sitios de una manera automática; la creación de un sistema de repositorio y entrega de materiales de aprendizaje a través del que los profesores transmiten de manera instantánea diversos recursos para que los estudiantes interactúen con ellos en sus teléfonos móviles; o incluso, para otros fines en el entorno escolar, como para optimizar el consumo de energía a partir de los sensores utilizados, entre otros usos (Kobkiat, 2019; Ojo et al., 2022; Paudel et al. 2020).

En relación al concepto de SLE, se debe destacar que tal y como se ha indicado es un concepto más amplio que el de aulas inteligentes, porque incluso, estas están integradas en los SLE. En relación a las definiciones de SLE, Zhu et al. (2016), afirman que no existe una definición unificada y extendida entre la literatura científica publicada, sino que existen diversas aproximaciones que tienen factores en común.

Hay definiciones que se basan exclusivamente en el desarrollo de espacios físicos enriquecidos con tecnologías inteligentes, pero tal y como se ha expuesto previamente, esta propuesta se relaciona con las aulas inteligentes, no con los SLE. Un ejemplo de este tipo de definición es por ejemplo la clásica definición de Koper (2014), en la cual se expone que los SLE son entornos físicos enriquecidos digitalmente con dispositivos adaptativos y con conocimiento del contexto para promover un aprendizaje más efectivo.

Otro caso son aquellas definiciones cuyo foco de interés son los entornos virtuales inteligentes, los cuales se enmarcan en el enfoque de la educación ubicua, pero no se ajusta al de la educación inteligente. Un ejemplo de este tipo de definición es la Tikhomirov et al. (2015), concretamente, se enfatiza la importancia de las tecnologías para la educación a distancia a través de las que generar itinerarios adaptados y flexibles para los estudiantes involucrados.

A partir de estas definiciones, cuyo foco de atención se reduce al entorno físico o al virtual, cabe destacar, que los SLE proponen la combinación del entorno presencial con el no presencial, así como de la educación formal con la informal. Destacando sobre todo la creación de entornos adaptativos a partir de los que se pueda desarrollar cualquier estudiante independientemente de sus preferencias o necesidades educativas. Para ello, se precisa de un entorno educativo tanto virtual, como físico, que estén interconectados para que el alumnado pueda llevar a cabo su experiencia de aprendizaje en cualquier lugar y momento y de la forma más adecuada posible (Kinshuk et al. 2016; Yusufu y Nathan, 2020).

De una manera más concreta, diversos autores también han destacado a lo largo del tiempo cuáles son los factores claves que se deben cumplir en un SLE, es decir, una concreción mucho más práctica de los principios o fundamentos de la educación inteligente. Al respecto, existen perspectivas más reducidas en las que solo se exponen tres características y todas ellas relacionadas con la adaptación y flexibilidad, como es

el caso de Hwang (2015): conciencia del contexto, apoyo adaptativo e interfaz adaptativa. Sin embargo, Zhu et al. (2016) consideran diez principios (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Principios de los SLE y su descripción*

Principios	Descripción
Conciencia de la ubicación	Detectar la ubicación de los estudiantes en tiempo real.
Conciencia del contexto	Explorar diferentes escenarios e información de la actividad.
Conciencia social	Detectar la relación social.
Interoperabilidad	Establecer criterios o estándares entre los distintos recursos, servicios y plataformas.
Conexión fluida	Proporcionar un servicio continuo cuando se conecte cualquier dispositivo.
Adaptabilidad	Impulsar los recursos de aprendizaje en función del acceso, las preferencias y la demanda de aprendizaje.
Ubicuidad	Predecir la demanda del alumno hasta expresarla con claridad, proporcionar un modo visual y transparente de acceder al recurso de aprendizaje y al servicio al alumno.
Registro completo	Registrar los datos de la trayectoria de aprendizaje para extraerlos y analizarlos en profundidad, y a continuación ofrecer una evaluación razonable, sugerencias e impulsar el servicio a la carta.
Interacción natural	Transferir los sentidos de la interacción multimodal, incluido el reconocimiento de la posición y la expresión facial.
Alto compromiso	Inmersión en una experiencia de aprendizaje de interacción multidireccional en un entorno enriquecido por la tecnología.

Fuente: traducido de Zhu et al. (2016)

Tal y como se ha visto, los SLE no solo se definen como entornos físicos enriquecidos con tecnología, ni como experiencias de educación a distancia virtual, sino que los SLE formarían parte del enfoque de la educación semipresencial o *b-learning*. En este sentido, existen varios trabajos cuyo foco de interés es argumentar que los SLE son entornos educativos semipresenciales donde se favorece la autonomía y la flexibilidad para desarrollar, tanto prácticas presenciales enriquecidas con tecnologías inteligentes y avanzadas, como experiencias en línea sincrónicas y asincrónicas (Mikulecky, 2019; Wu, 2022). Debido a la flexibilidad que los SLE posibilitan, los estudiantes tendrán la oportunidad de que exista una continuidad del trabajo realizado de manera presencial. Sin embargo, a diferencia de las experiencias de *b-learning*, en las fases de educación a distancia de los SLE, también se continúan recabando datos, monitorizando la actividad desarrollada por los estudiantes, generando automáticamente itinerarios de aprendizaje y sugerencias, así como agrupando a los estudiantes según los diversos intereses, preferencias y otras variables que también se tomen en cuenta.

Otros autores, para destacar la importancia que tiene el desarrollo de los dos entornos (presencial y virtual) en el marco de los SLE, los describen como espacios *cyber-físicos*, o incluso, se utiliza el concepto de *phygital* (Costa et al., 2018; Neela y Ambareesh, 2019; Ozcan-Deniz, 2022). De esta forma, se hace énfasis en el uso paralelo o híbrido de diferentes escenarios de aprendizaje a partir de las preferencias de cada estudiante, el proyecto educativo desarrollado, o las recomendaciones personalizadas que se hayan generado a través de la tecnología.

Y en torno a la personalización y adaptación de ambos entornos de aprendizaje, diversos autores destacan la importancia de la mirada ergonómica en los SLE (Bautista y Borges, 2013; Gao y Li, 2022; Ouertani y Alhudhud, 2019). Principalmente, porque esta no solo se define como una perspectiva que contempla un mobiliario móvil y ajustado a las necesidades de los estudiantes generando comodidad y adaptabilidad; sino que también, la ergonomía en los SLE se define como el enfoque inclusivo a la hora de seleccionar y utilizar la tecnología más adecuada y adaptada a cada estudiante, incluso, contemplando el empleo de tecnologías de apoyo.

Profundizando a partir de ahora en el entorno virtual de los SLE, éste debe estar más vinculado al concepto de *u-learning*, que al de *e-learning* o *m-learning*. Por ello, diversos autores, también definen los SLE bajo las siguientes denominaciones: *context-aware ubiquitous learning environments*, o en castellano, entornos de aprendizaje ubicuos y conscientes del contexto; *smart ubiquitous learning environments*, o entornos de aprendizaje inteligentes y ubicuos (Hwang, 2014; Montebello, 2017). Aunque se hayan utilizado diversos conceptos para destacar la ubicuidad que se tiene que fomentar en los SLE, todos los trabajos al respecto ponen de relieve las mismas características, y es que la ubicuidad en un SLE no solo se contempla en el entorno no presencial del SLE. A través de la ubicuidad, al alumnado siempre se le facilitarán recursos y recomendaciones de una manera totalmente adaptada al contexto en el que se encuentre para que pueda desarrollar su tarea académica en cualquier lugar y momento.

Teniendo en cuenta esta dualidad de entornos de los SLE, las metodologías y las evaluaciones contempladas deben ser adaptables tanto a la presencialidad, como a la virtualidad. Principalmente, porque a través de las mismas se debe facilitar la recolección de los datos a partir de las actividades resueltas por los estudiantes, las colaboraciones que lleven a cabo, el tipo de recursos utilizados, etc. Por estas razones, las metodologías tradicionales basadas en lecciones magistrales o clases expositivas no son las habituales, sino que se suelen contemplar diversas metodologías activas que favorezcan la involucración de los estudiantes en la presencialidad y la virtualidad, como por ejemplo, haciendo uso de la clase invertida, el aprendizaje cooperativo, el ABP, etc. (Cebrián et al., 2020; Hwang et al., 2023).

Respecto a la evaluación, debido a la naturaleza adaptativa de los SLE, la evaluación formativa adquiere una relevancia destacable dentro de la experiencia de aprendizaje inteligente, aunque también se debe complementar con otras evaluaciones, como es la evaluación diagnóstica, la autoevaluación, la coevaluación, la evaluación sumativa, etc. Principalmente, destaca la evaluación formativa porque las recomendaciones que la tecnología inteligente arroja a cada estudiante varían en función de los resultados constantes que se van recolectando y analizando, así como de otros datos relacionados con las dificultades y preferencias de aprendizaje (Bacca et al., 2019; Guo, 2021; Hu et al., 2022).

Como se ha visto, los SLE son entornos en los que existe un constante flujo de información, puesto que siempre se están generando, almacenando y analizando datos provenientes de diversas fuentes. Por ello, y atendiendo a que todos los datos generados son privados, puesto que se relaciona con información de cada estudiante (dificultades de aprendizaje, aciertos y fallos en un cuestionario, tiempo invertido en la resolución de una tarea, autoevaluaciones del propio alumno, entre otras variables), una prioridad de estos entornos debe ser la aplicación de una compacta infraestructura de seguridad digital.

Y es que, en el informe Horizon 2022 (EDUCAUSE, 2022) se explicita que una de las líneas de actuación inminentes es el del campo de la ciberseguridad, sobre todo en todas aquellas experiencias de innovación que se estén utilizando analíticas de aprendizaje y *Big Data*. Incluso, se alerta que existe una gran preocupación por ello, ya que la educación es uno de los campos más afectados por las amenazas de seguridad en línea, sobre todo, el uso de mecanismos para conseguir información personal.

De una forma más concreta, Kamenskih (2022) expone cuáles son los riesgos y amenazas de seguridad y privacidad de los usuarios en un SLE:

- Tener en cuenta el potencial de las fuentes de amenazas internas, es decir, todos los riesgos de seguridad que provienen de usuarios legítimos y que tienen acceso a todos los perfiles, datos y en sí, a las tecnologías que se están utilizando en la experiencia educativa. Algunos de estos riesgos son los errores humanos, decisiones inapropiadas, robo de credenciales, complicidad involuntaria con otros agentes, etc.
- Se debe establecer un plan de almacenamiento, depuración y eliminación de datos, puesto que existe información muy concreta sobre cada usuario, desde datos personales biométricos, hasta por ejemplo, información sobre la identidad cultural de las personas involucradas.
- Si en la experiencia se hace uso de los dispositivos móviles u otras tecnologías propias de cada estudiante involucrado, la seguridad en su plano más general disminuye, puesto que desde las instituciones no se puede controlar de una manera tan precisa, como si la infraestructura tecnológica dependiese completamente de la entidad encargada de gestionar y administrar toda la información que está en constante movimiento.
- Teniendo en cuenta que a través de la IA se generan trayectorias de aprendizaje individualizadas, así como sugerencias y comentarios personales, debe existir una garantía de privacidad. Cada estudiante o familiar –en el caso de etapas educativas obligatorias– debe ser el conocedor de su información, pero no de la del resto de estudiantes.

### **2.3. Tecnologías de un SLE**

Agrupando todas las características que las principales tecnologías del SLE tienen que contemplar, a continuación y a partir de Zhu et al. (2016) se indica que tienen que cumplir los principios de:

- Conectividad: los recursos digitales utilizados deben fomentar la comunicación entre todas las personas involucradas en el SLE. No solo se utilizarán tecnologías de una manera individualista, sino que se busca la ampliación de vías a partir de las que generar colaboraciones y retroalimentaciones de manera sincrónica y asincrónica.
- Ubicuidad: los dispositivos móviles que se contemplan para el uso de los SLE, así como las apps que se utilicen deben favorecer la enseñanza en cualquier lugar y momento, a partir de la que los estudiantes puedan desarrollar tu tarea educativa cuando sea necesario.
- Personalización: a partir de la gran cantidad de datos recabados de cada estudiante antes, durante y después de la realización de cualquier actividad en el SLE, se pueden extraer conclusiones individualizadas para ofrecer una



experiencia de aprendizaje totalmente ajustada a la situación de cada estudiante.

A partir de estos factores que se deben cumplir, seguidamente se abordan de una manera más concreta y desde algunos casos prácticos, aquellas tecnologías primarias de los SLE para la automatización y la personalización de la enseñanza, es decir, algunas de las tecnologías clave de la cuarta revolución industrial, como son la inteligencia artificial, las analíticas de aprendizaje (*Big Data*), la computación en la nube y la IoT (Amrinder et al., 2023; Sharifpour et al., 2023). No obstante, también se recogen otras tecnologías complementarias que suelen estar presentes en el entorno físico, en el virtual, o en ambos, tanto para la gestión de la experiencia de aprendizaje, como para la comunicación entre los sujetos implicados, así como para el desarrollo de cualquier tarea o proyecto.

### 2.3.1. Inteligencia artificial

En torno a la IA se han desarrollado diversas definiciones a lo largo del tiempo, puesto que según Kelly et al. (2023) es un concepto muy controvertido y sobre el que se ha logrado un bajo consenso debido a la variedad de disciplinas en las que se utiliza la IA. No obstante, una tendencia constante es la de definirla como una imitación de la inteligencia humana a través de la tecnología. En este sentido, una definición concreta de IA es “la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano” (Rouhiainen, 2018, p. 17). Incluso, la primera definición de IA en 1956 por John McCarthy consistía en otorgar una inteligencia autónoma a las máquinas (Vidal et al., 2019).

Sin embargo, diversos trabajos han incidido en el error que supone vincular la IA con la inteligencia humana, puesto que formas inorgánicas de inteligencia no tienen que cumplir los criterios de la inteligencia de los humanos por diversas razones: estructuras biológicas frente a sistemas digitales; la velocidad de procesamiento entre humanos y máquinas; la conectividad o comunicación entre redes neuronales artificiales y la comunicación humana; la rápida actualización y escalabilidad de la IA; e incluso, el consumo energético (Korteling et al., 2021).

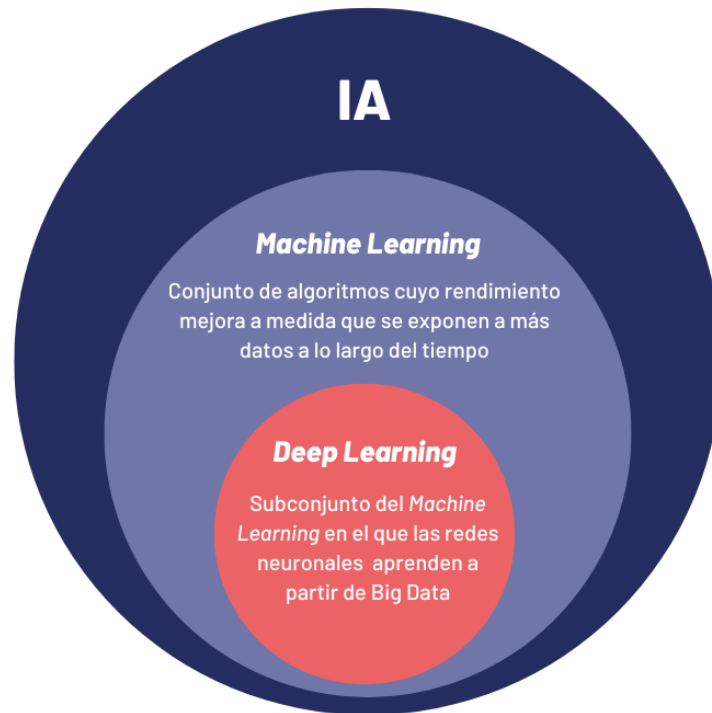
En este sentido opuesto de replicar la inteligencia humana a través de la IA, otras definiciones se han ido generando desde una perspectiva más holística y de corte tecnológico. Un ejemplo de ello es definir la IA como “la capacidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, aprender de dichos datos y emplear esos conocimientos para lograr tareas y metas más concretas a través de la adaptación flexible” (Kaplan y Haenlein, 2019, p.17). O también, “un objeto o entidad no natural que posee la habilidad y la capacidad de cumplir o superar los requisitos de la tarea que se le asigna si se tienen en cuenta las circunstancias culturales y demográficas” (Kelly et al., 2023, p.2).

La IA es el concepto de base, sin embargo, con el paso del tiempo y el progreso tecnológico, se han ido desarrollando otros avances que todavía optimizan mucho más la realización de cualquier acción. Actualmente, y tal y como señalan diversos trabajos en torno a la IA, es imposible definir esta sin aludir a los conceptos de *machine learning* y *deep learning*, puesto que ambos son progresos de la IA (Estupiñán et al., 2021; Tapeh y Naser, 2023). De una manera más concreta, se puede afirmar que el *Machine Learning* es un subgrupo de la IA en la que diferentes personas tienen que entrenar a la tecnología para que esta reconozca patrones a partir de datos y pueda hacer sus predicciones. Y a su vez, el *Deep Learning* es un subgrupo del *Machine Learning* donde ya no se

contempla la necesidad de utilizar a personas, sino que la propia tecnología es capaz de “razonar” y extraer sus propias conclusiones (Figura 8).

**Figura 8**

Definición jerárquica del *Machine* y *Deep Learning*



Fuente: elaboración propia a partir de Srivastav (2020)

Tal y como se ha expuesto, la IA ha supuesto una revolución tecnológica, la cual ha causado que gobiernos, e incluso, otros organismos como la UNESCO hayan comenzado a desarrollar un marco global para pautar y guiar el uso de la IA con el objetivo de hacer un uso ético y seguro de esta tecnología, puesto que son diferentes los riesgos que existen en torno al ataque de los derechos humanos y la privacidad de las personas (Flores-Vivar y García-Peñalvo, 2023; UNESCO, 2022b).

Realizando ahora una aproximación de la IA al campo educativo, una de las tendencias o posibilidades más conocidas es la de favorecer la redefinición de la educación desde una perspectiva en la que se pueda ofrecer un servicio totalmente ajustado a las demandas y preferencias de cada estudiante de manera independiente del tiempo y lugar (Dogan et al., 2023). La IA en la educación se define en términos de versatilidad, apertura y dinamismo, frente a las concepciones educativas más tradicionales que suelen estar relacionadas con la rigidez y la generalización de una misma experiencia de aprendizaje para todo el alumnado (Ocaña-Fernández et al. 2019).

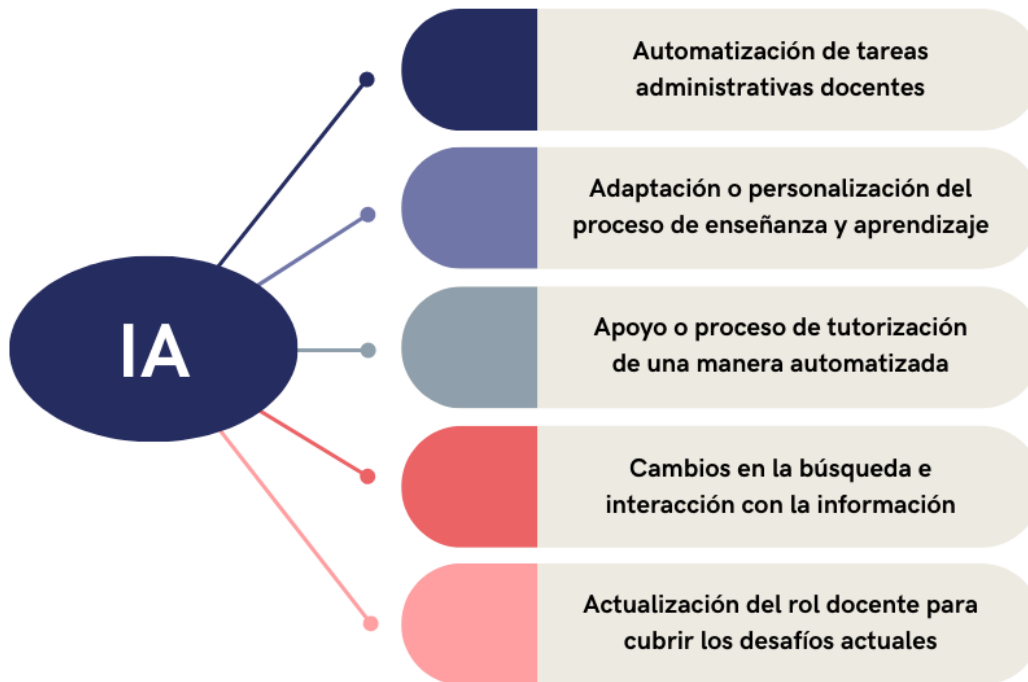
Asimismo, otros usos que se destacan de manera concreta de la IA son: el desarrollo de sistemas de tutoría inteligente a través del procesamiento del lenguaje natural humano; la mejora de la evaluación educativa; la predicción del rendimiento de los estudiantes para la personalización; la mejora de la experiencia educativa del alumnado

con NEE, la interacción instantánea de cualquier usuario con un *chatbot*, entre otros (García-Peña et al., 2020; González-Calatayud et al., 2021).

Asimismo, desde una perspectiva panorámica del estado de la cuestión de la IA y sus posibilidades educativas, en la Figura 9 se exponen algunas de las principales.

**Figura 9**

*Posibilidades de la IA en la educación*



Fuente: elaboración propia a partir de Vidal et al. (2019) (p. 6)

Ante todas las posibilidades expuestas, se puede extraer que la IA en la educación ofrece aprender a través de ella o utilizarla como una herramienta para la creación de contenidos digitales, por ejemplo, a través de Apps para la personalización o creación de itinerarios, o también, el uso de *chatbots* avanzados como *chatGPT*<sup>9</sup> o herramientas para la generación de imágenes, como *DALLE-E* <sup>2</sup><sup>10</sup> o *Midjourney*<sup>11</sup>. También es importante aprender sobre la IA en el contexto educativo, es decir, sobre las tecnologías y técnicas que utiliza; y por último, prepararse para el impacto que la IA está teniendo en cualquier ámbito, fomentando también el uso seguro y consciente de la misma.

Tal repercusión tiene la IA en la educación, que incluso se desarrolló, por parte de todas las instituciones académicas de los Estados Miembros, el Consenso de Beijing sobre la IA y la educación en la que se establecen las orientaciones y recomendaciones para responder de la manera más adecuada a los desafíos y oportunidades que la IA plantea a la hora de alcanzar el cuarto objetivo de desarrollo sostenible, es decir, el de una educación de calidad (UNESCO, 2019). De una manera más concreta, cabe

<sup>9</sup> <https://bit.ly/3mpi1vV>

<sup>10</sup> <https://bit.ly/40SEuQV>

<sup>11</sup> <https://bit.ly/3KIPFL3>

destacar que se establecen cinco ejes estratégicos a partir de los que desarrollar toda la actividad referida a la IA y la educación:

- La IA para la gestión y la implementación de la educación.
- La IA como herramienta para empoderar a los docentes y su práctica educativa.
- La IA para la evaluación y al servicio del aprendizaje.
- Valores y competencias para el adecuado desenvolvimiento en la era de la IA.
- La IA como una oportunidad para el aprendizaje permanente.

Asimismo, el consenso generado también pone de relieve la importancia de realizar un constante seguimiento y evaluación de la IA implementada en la educación para garantizar un uso equitativo e inclusivo, y siempre desde una perspectiva ética y segura. Puesto que tal y como se indica en Moreno (2019b), siempre que se haga un buen uso de la IA, la práctica docente nunca se verá desvirtuada; y por el contrario, se potenciará la adquisición de las competencias relacionadas con la educación STEAM, el desarrollo de la CD, así como de las habilidades propias del pensamiento computacional (descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y pensamiento algorítmico).

### **2.3.2. Learning Analytics y computación en la nube**

*Big Data* es un concepto amplio que se relaciona con una cantidad masiva o un gran conjunto de datos, los cuales no se pueden procesar con técnicas analíticas convencionales, y por ello, se necesitan nuevas formas para procesar tal volumen de información, así como el empleo de tecnologías concretas.

El interés de esta tecnología y el impacto empresarial y social que está teniendo es debido a que se puedan extraer conclusiones interesantes a partir de las que mejorar cualquier servicio o negocio. Principalmente, porque se van a examinar y analizar problemas concretos, se pueden establecer expectativas razonables y también, se va a entender de mejor forma cómo está funcionando cualquier servicio que se esté analizando. Todo esto es posible porque se tienen en cuenta diversas fuentes de información, es decir, el origen de los datos es muy amplio, puesto que una misma institución puede estar monitoreando la actividad de una persona teniendo en cuenta varias fuentes o sensores, como su rastreo web, el uso que el sujeto hace de sus redes sociales, datos geoespaciales, entre otros (Camargo-Vega et al., 2015).

En la educación, varios factores, como la extensión del *e-learning*, la integración de LMS como plataforma esencial de la educación a distancia, la realización de actividades en línea, la consulta de información en cualquier lugar y momento, la comunicación a través de dispositivos móviles, etc., han causado que se generen una gran cantidad de datos sobre la experiencia académica de cada estudiante. Este *Big Data* generado en el contexto educativo recibe el nombre de *learning analytics* o analíticas de aprendizaje, y es un elemento clave para predecir el rendimiento del estudiante, detener el riesgo de abandono, extraer informes para analizar tendencias y dificultades, ofrecer una retroalimentación inmediata relacionada con la actividad que haya desarrollado el alumno, detectar comportamientos, agrupar estudiantes, planificar el plan de estudios, diseñar material didáctico adaptado a las necesidades detectadas, así como cualquier otra acción que esté relacionada con la optimización de la educación (Caspari-Sadegui, 2023; Sin y Muthu, 2015).

Y es que en los SLE la utilización de las analíticas de aprendizaje es fundamental, puesto que en estos entornos destaca la personalización automática de la enseñanza para favorecer la eficiencia y la eficacia. Y para ello, esta tecnología es clave, puesto que, a través de la misma, se recopila, combina y analiza la información proveniente del

perfil de cada uno de los individuos participantes en la experiencia educativa. Además, estas analíticas de aprendizajes se definen también como una tecnología ubicua, lo que permite que se estén tratando los datos de manera constante, tanto en entornos presenciales, como virtuales; para tener una visión holística de las preferencias, fortalezas y debilidades del alumnado involucrado (Kumar et al., 2015).

Dada la relación que los SLE guardan con las analíticas de aprendizaje, incluso existe el concepto de *Smart Learning Analytics*, puesto que a través de las mismas no solo se tiene la capacidad de realizar una adaptación de los contenidos que se deben mostrar a cada estudiante, sino que también, se puede personalizar el plan de estudios, el contenido, las metodologías empleadas, el apoyo ofrecido al estudiante, la agrupación del alumnado, el tipo de evaluación, adaptar la experiencia a cualquier lugar y momento, y en resumen, cualquier elemento clave del proceso de enseñanza y aprendizaje que favorezca la adaptación y la personalización. Para ello, existen diferentes tipos de sensores y registro de datos relacionados con el nivel de rendimiento, las habilidades metacognitivas, las estrategias de aprendizaje utilizadas, incluso, síntomas fisiológicos de los estudiantes, la localización, entre otras variables que condicionarán las conclusiones que la tecnología extraiga para individualizar la experiencia de aprendizaje (Kausar et al., 2020; Kinshuk y Kumar, 2018).

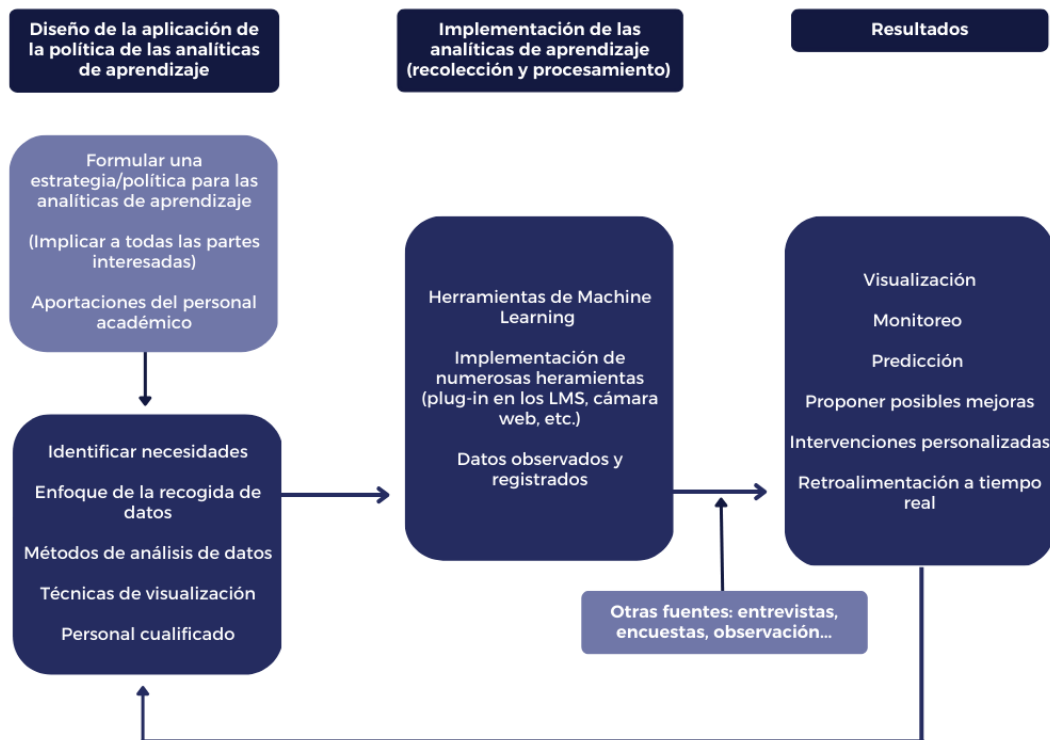
Para el desarrollo de una óptima experiencia de SLE a través de las analíticas inteligentes de aprendizaje se han diseñado marcos de referencia para permitir el monitoreo a través de un extenso flujo de datos proveniente de diversas variables. Concretamente, uno de los primeros sistemas es el conocido como SCALE (*Smart Causal Analytics on Learning*), el cual puede integrarse en un sistema LMS para hacer un seguimiento exhaustivo de la actividad académica seguida por cada estudiante. SCALE permite la integración de cualquier número de sensores o entrada de datos, lo que hace que sea altamente escalable. Asimismo, usa diferentes tecnologías clave, entre ellas destacan: *Hackystat*, que es un marco Java para la recopilación de datos generados en los entornos educativos. La información se guarda en formato XML y puede consultarse fácilmente haciendo uso de *Hackystat's Java* y *REST APIs*; también, se hace uso de entornos de desarrollo integrado, procesadores de texto, navegadores web, etc. (Seanosky et al., 2015).

En este sentido sobre cómo aplicar las analíticas de aprendizaje para la personalización de la enseñanza existen diversas iniciativas. Entre todos los marcos de referencia, se pueden destacar algunos como el de Boulanger et al. (2015), el cual, establece que son necesarios cuatro servicios básicos para la aplicación de las analíticas de aprendizaje: el servicio *pull* para seleccionar el contenido que se les entregará a los estudiantes; seguidamente, el servicio de prospección para que se adapte al contexto; también otro servicio de conexión entre el servidor y el dispositivo de destino; y por último, el servicio *push* para realizar la entrega sincronizada al dispositivo de destino.

De una manera visual, Sahni (2023) propone otro marco de referencia en el que también se contemplan unos pasos similares al anterior, pero de una manera más concreta. En este caso se contemplan tres pasos: diseño de la aplicación de la política de las analíticas de aprendizaje, implementación de las analíticas de aprendizaje (recolección de datos y procesamiento) y resultados (Figura 10).

**Figura 10**

*Marco de referencia para la aplicación de analíticas de aprendizaje*



Fuente: traducido y adaptado a partir de Sahni (2023) (p. 45)

Por otro lado, el marco de Zhao et al. (2023), el cual se fundamenta en torno al concepto de *human-centered Artificial Intelligence* y la tecnología de tipo *Machine Learning*. En este caso, se hace hincapié en la importancia que tiene la colaboración humana para desarrollar un sistema funcional y eficaz para los usuarios. Poniendo así de relieve la importancia que tiene la interrelación de las analíticas de aprendizaje con otras de las tecnologías clave de los SLE, como es la IA.

O también, otros marcos más tecnocentristas, como el *Student-facing learning analytics (SFLA)*, especialmente enfocado para el aprendizaje autorregulado en línea y que no tiene tan en cuenta las teorías de las ciencias del aprendizaje y las necesidades del estudiante (Galaige et al., 2022); o incluso, el marco *Arlean* basado en las analíticas de aprendizaje para optimizar el uso de la RA en el campo educativo (Christopoulos et al., 2021).

De manera independiente al marco que se tenga en cuenta, para almacenar y analizar la gran cantidad de datos que se generan constantemente se hace uso de otra tecnología conocida como *cloud computing* o computación en la nube, a través de la cual, se registran todos los datos que se van recolectando en servidores en línea sin necesidad de instalar y mantener ningún tipo de equipo físico o software propio. El servicio de *cloud computing* de un SLE permitirá el almacenamiento seguro, así como el acceso a las bases de datos de una manera flexible, puesto que las plataformas de computación en la nube permiten el acceso en cualquier momento y desde cualquier dispositivo y lugar (Alam y Hamdard, 2020; Li y Wei, 2022).

Y también, en total relación con la tecnología de computación en la nube y la IoT, se debe destacar la tecnología *Edge Computing*. En este caso, el foco de atención no es

tanto el almacenamiento, sino el procesamiento de datos, puesto que el análisis ya no sería en servidores centralizados, sino que la computación se desarrolla donde se genera la información, lo que mejora el rendimiento y lo hace especialmente interesante para el desarrollo de servicios inteligentes, como la automatización de cualquier proceso. Expresado de otro modo, el procesamiento de datos recolectados por sensores o dispositivos móviles se lleva a cabo a tiempo real, para así ofrecer una respuesta inmediata (Achar, 2022).

En resumen, la computación en la nube y otros conceptos relacionados con la misma, como *Edge Computing*, están posibilitando el almacenamiento y el análisis de todos los grandes conjuntos de datos generados por los estudiantes en cualquier lugar y momento. Lo que posibilita una personalización de la enseñanza constante, puesto que la IA, la IoT y la computación en la nube son tres tecnologías clave en relación con la personalización que están siendo estudiadas en varias disciplinas (Mohd et al., 2021; Pandey et al., 2022). En términos educativos, la adecuada interrelación de las tres puede favorecer un aprendizaje flexible y adecuado según cada uno de los sujetos que intervengan en la experiencia de aprendizaje.

### **2.3.3. IoT**

IoT es una red de dispositivos conectados y que se comunican entre sí para compartir información y realizar acciones en función del análisis de dicha información. Para ello, es esencial una conexión a internet, puesto que dichos dispositivos deben estar conectados a una misma red para permitir la transmisión de datos y la interacción entre los mismos. En los términos de una ciudad inteligente, la IoT puede estar presente en diversas dimensiones. Algunos ejemplos son:

La regulación del tráfico, puesto que los sensores pueden captar a tiempo real el flujo de los vehículos en la ciudad para ajustar los semáforos y las señales de tráfico optimizando así la movilidad (Gamel et al., 2022).

La iluminación inteligente de las ciudades es otro ejemplo, puesto que según los sensores capten la presencia de personas, así como la iluminación natural existente, u otras variables, los sistemas de iluminación de la ciudad se ajustan automáticamente, mejorando así el impacto ambiental y el ahorro energético (Chaudhary et al., 2023).

Y también, entre otros muchos ejemplos, se menciona la gestión inteligente de residuos sólidos urbanos, puesto que se puede llevar un control remoto de los estados de cada contenedor de la ciudad para variar las rutas de recogida y así, mejorar la eficacia (Burduk et al., 2022).

Las posibilidades educativas del IoT también son diversas. Entre ellas, una de las más extendidas, la cual se ha desarrollado durante años y no necesariamente bajo un paradigma de educación inteligente, es la interconexión de los dispositivos utilizados para impartir una clase, como la interconexión del ordenador del aula con una pizarra interactiva o un proyector (Gupta et al., 2020). Sin embargo, actualmente son mayores las interconexiones que existen, puesto que los estudiantes suelen tener dispositivos móviles con conexión a la red a través de la que se interconectan varios dispositivos del aula por medio de Apps, ya estén en el entorno presencial o virtual (Chun y Matthew, 2021; Jang, 2021).

Desde un marco de la educación inteligente, el IoT suele relacionarse más con la interconexión entre sensores y otros dispositivos u objetos del entorno físico, como por ejemplo, un sistema a partir del que controlar la asistencia por medio de un escáner de huella dactilar, así como haciendo uso de otros sensores para optimizar el consumo

eléctrico a partir del control automático de las luces y la ventilación (Annapurna et al., 2021).

Asimismo, la interconexión entre sensores, etiquetas RFID y un programa, también ha posibilitado la asignación de asientos de una manera automática en los entornos presenciales de un aula inteligente (Ojo et al., 2022). Esta iniciativa es una posibilidad para optimizar la creación de grupos a partir de las sugerencias que automáticamente pueda generar un programa desarrollado para ello, así como también, para realizar reservas automáticamente según sean las preferencias u horarios de asistencia de los estudiantes al entorno físico.

Totalmente relacionado con la asistencia a las clases físicas, el IoT también está presente para controlar el nivel de absentismo por parte de los estudiantes. Concretamente, para ello se han utilizado también sensores de reconocimiento facial, entre otras tecnologías. Hasta el momento se han extraído resultados positivos en relación a una identificación precisa de los estudiantes asistentes, así como del registro de tiempo que están en el entorno presencial. Sin embargo, al respecto también se han desarrollado ciertas dificultades provocadas por la incorrecta aplicación del reconocimiento facial debido a la luz ambiental existente, la postura que utilicen los estudiantes a la hora de estar sentados, o incluso, la expresión facial que tengan en determinados momentos (Zhao et al., 2022).

El control de la asistencia no es la única opción a la hora de monitorear la presencia de los estudiantes en las clases presenciales, sino que también existen propuestas para analizar la atención que el alumnado está prestando a lo largo de las clases impartidas. Para ello, se propone un sistema a partir de la captura de vídeo y sonido y su procesamiento (Ling et al., 2022).

La detección y el seguimiento de la ocupación de los diversos espacios físicos de un campus o centro educativo también forma parte de los objetivos del IoT en los edificios inteligentes. La presencia de sensores en los aparcamientos, las bibliotecas, laboratorios, salas de usos especiales, cafeterías, e incluso aseos, facilitará que estudiantes y profesores se dirijan a aquellas dependencias que estén libres. Principalmente, porque cada usuario dispone de una App a través de la que monitorear a tiempo real la cantidad de sujetos que hay en un sitio concreto.

Además, respecto al rastreo de personas en tiempo real, la seguridad en los entornos físicos también es una oportunidad del IoT, puesto que a través de dicha tecnología se pueden identificar personas no autorizadas en determinadas zonas, la identificación y control remoto de ventanas, persianas o puertas abiertas (Abuarqoub et al., 2017).

Por otro lado, existen iniciativas con un impacto en el entorno virtual del SLE, como el seguimiento a distancia en tiempo real de las sesiones presenciales por medio de un sistema que utiliza RV y RA (Setiawan et al., 2022) o la implementación del ABJ a través del IoT (Petrović et al., 2021). Sin embargo, sobre todo, esta tecnología tiene una gran presencia en el entorno presencial del SLE. Y es que, una de las principales actuaciones de esta tecnología está enfocada a potenciar la energía inteligente, es decir, mejorar el consumo energético de los edificios donde tiene lugar la enseñanza presencial. Principalmente, a partir de recolectar datos relacionados con la temperatura, la humedad, la iluminación, la calidad del aire, la presencia de sujetos en un mismo espacio... para tomar automáticamente las decisiones más adecuadas y así generar un clima agradable y sostenible para el trabajo (Martínez, 2022).



A modo de recapitulación de las posibilidades más extendidas de la IoT en los edificios inteligentes, Abuarqoub et al. (2017) establecen cuatro dimensiones y, en torno a ellas, diferentes oportunidades de esta tecnología (Tabla 10). De manera complementaria, Jain y Chawla (2020) amplían estas dimensiones y consideran que la integración del IoT es fundamental para crear: campus inteligentes, aulas conectadas e inteligentes, sistemas automáticos de asistencia, experiencias de aprendizaje personalizadas, una experiencia cómoda para personas con discapacidad y también, el monitoreo de la atención sanitaria de los estudiantes.

**Tabla 10**

*Posibilidades del IoT en los centros educativos o campus inteligentes*

Categoría	Posibilidades
Edificio inteligente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejorar la calidad del ambiente interior de una manera sostenible (iluminación, temperatura, nivel de ruido, ventilación, etc.).</li> <li>▪ Automatizar el mantenimiento.</li> <li>▪ Ahorrar tiempo y costes.</li> <li>▪ Conseguir aparcamiento.</li> <li>▪ Detección y seguimiento de la ocupación.</li> </ul>
Red eléctrica inteligente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejorar el uso de la energía y reducir la factura.</li> <li>▪ Permitir el análisis a tiempo real del sistema eléctrico de manera remota.</li> <li>▪ Aumentar la fiabilidad y detectar posibles fallos de manera constante.</li> </ul>
Enseñanza inteligente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aprendizaje a distancia en tiempo real.</li> <li>▪ Impartición de cursos o contenidos bajo demanda.</li> <li>▪ Seguimiento automático de asistencia.</li> <li>▪ Gestión eficaz de bibliotecas.</li> <li>▪ Servicios eficientes de laboratorio.</li> </ul>
Gestión del agua y los residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detección remota de fugas de agua o de variaciones de presión.</li> <li>▪ Detección de los niveles de basura para optimizar su recogida.</li> </ul>

Fuente: adaptado y traducido de Abuarqoub et al. (2017)

Una de las máximas amenazas de utilizar IoT, al igual que sus tecnologías complementarias, como son la IA y las analíticas de aprendizaje, es la seguridad y la privacidad de todos los datos que se están empleando. Sobre todo, porque la arquitectura de seguridad suele ser centralizada, es decir, todos los recursos y datos están almacenados en un servidor central. Por ello, Bdiwi et al. (2019b) proponen una plataforma basada en la tecnología *blockchain*, o cadena de bloques para así, eliminar el intermediario central y propiciar una arquitectura más segura y fiable para el desarrollo de los SLE. Aunque al respecto, Oyelere et al. (2020) destacan que es una tecnología que todavía no es muy conocida por los profesionales de la educación, y tampoco se ha hecho un uso extendido de la misma.

#### **2.3.4. Otras tecnologías**

La IA, las analíticas de aprendizaje, la computación en la nube, el IoT son cuatro tecnologías claves para la personalización y la adaptación de la experiencia educativa en un SLE. No obstante, en un entorno inteligente también se contemplan otras tecnologías complementarias, algunas de las cuales ya se han mencionado previamente, puesto que son necesarias para un adecuado funcionamiento de las otras,

como es el caso de los sensores para medir la temperatura, la localización, el nivel de ruido, la luminosidad, el lenguaje corporal, los elementos de la voz como el tono, la intensidad o la velocidad de locución, la expresión facial, etc. Para ello, se utilizan micrófonos, cámaras, relojes o pulseras inteligentes, entre otros sensores (Cordero y Aguilar, 2016; Dawndasekare y Jayakody, 2017; Kinshuk et al., 2016); o también, el uso de *chatbots* o Apps de tutorización inteligente para generar un sistema en línea de consulta-respuesta inmediato y mediado por lenguaje natural, por medio del que se ofrece cualquier tipo de apoyo educativo o administrativo. De esta forma, se rebaja la carga laboral, puesto que los docentes evitan explicar las mismas consultas al alumnado. Y también, se optimiza la comunicación y el servicio de atención a los estudiantes, ya que se obtiene una respuesta en tiempo real sin necesidad de concertar una tutoría, escribir un correo electrónico o esperar a tener una sesión presencial. Para ello, es imprescindible que el sistema generado cuente con dos elementos esenciales: técnicas de procesamiento del lenguaje natural, para así entender las solicitudes de los estudiantes y ofrecer una respuesta adecuada; y por otro lado, una base de conocimiento o una base de datos para almacenar y centralizar el conocimiento del sistema de tutorización (El Azhari et al., 2023; Khairy et al., 2022).

En cuanto al bloque de la conectividad de un SLE, la conexión a internet es un requisito fundamental, principalmente, de manera inalámbrica (Wi-Fi) para favorecer la movilidad en el entorno físico, así como para que tanto docentes, como estudiantes puedan acceder en cualquier lugar y momento fuera del entorno presencial. En relación al tipo de conectividad, los trabajos más actuales destacan la pertinencia de utilizar la conectividad 5G en los entornos inteligentes, debido a la alta cobertura de red, la baja latencia y la conectividad masiva que ofrece (Rana et al., 2022; Shah et al., 2021).

Siguiendo con la conectividad de un SLE, también se ha destacado en otras secciones el empleo de tecnología GPS o RFID. En este sentido, también existen trabajos que destacan la conectividad bluetooth, sobre todo relacionándola con la tecnología IoT y los bluetooth beacons, o balizas en castellano, para determinar la posición de los dispositivos de los usuarios en el entorno presencial, puesto que es una tecnología de geolocalización mucho más precisa que el GPS, o también, para ofrecer información de interés según donde se encuentre el estudiante (Matuska et al., 2023; Shang et al., 2022).

En los SLE también se contempla el uso de otras tecnologías avanzadas, así como otros tipos de recursos tecnológicos.

Principalmente, debido al carácter ergonómico o inclusivo de estos entornos inteligentes, la tecnología de apoyo o asistencial es un recurso fundamental según las necesidades educativas que tengan los estudiantes involucrados en la experiencia, ya sea una discapacidad física, visual, auditiva, relacionada con el habla o cognitiva, puesto que cualquier estudiante debe sentirse autónomo y con la experiencia de aprendizaje totalmente adaptada a sus circunstancias (Bakken et al. 2019). Incluso, se han desarrollado trabajos que analizan las diferentes tecnologías de apoyo disponibles para estudiantes con alguna dificultad, por ejemplo, con discapacidad auditiva, y cuáles son las más recomendables; entre las que destacan *Dragon*, reconocimiento de voz de *Windows*, *Sennheiser MobileConnect*, *Office 365*, *ViaVoice*, entre otras (Bakken et al., 2021).

La realidad extendida, es decir, el empleo de RA y RV también es un recurso que se utiliza en los SLE. Debido a los datos recabados por los sensores o por otras tecnologías como las analíticas de aprendizaje, cualquier usuario puede apreciar en la realidad

diversas capas añadidas de información virtual en sus dispositivos móviles o gafas inteligentes, con las que tener una experiencia de aprendizaje más enriquecida.

La RA también se emplea con la intención directa de mejorar el aprendizaje de un contenido a través del dinamismo que hay en una recreación de, por ejemplo, un fenómeno físico (Hincapié y Díaz, 2018).

También, gracias a la RV se pueden desarrollar iniciativas inmersivas a partir de las que favorecer incluso la colaboración y la comunicación a distancia (Elkoubaiti y Mrabet, 2018); o incluso, estas tecnologías se han utilizado en SLE para crear un nuevo tipo de entorno educativo en el que la enseñanza es tanto virtual, como presencial, y está disponible en formato online y offline (Xu y Zhang, 2022).

Otras tecnologías que suelen estar en el entorno presencial de los SLE, aunque no son tan comunes como las ya comentadas, son algunas de las tecnologías que también se encuentran en otros entornos educativos enriquecidos con tecnología, como son los espacios *maker* o las AdF. Concretamente, el empleo de robótica educativa, aunque no se debe confundir con los *chatbots* o la automatización robótica de procesos (*Robotic Process Automation [RPA]*), ya que también existen trabajos refiriéndose a estas tecnologías como robots (Khairy et al., 2022), sino que el enfoque es el de la programación y la robótica educativa a través de recursos como *Bee Bot*, *Lego We-Do*, *Lego Robotics*, *Scratch*, etc. (Mogas et al. 2022).

Por otro lado, el empleo de impresoras 3D para la recreación de cualquier figura (Toivonen et al., 2018).

Por último, también existen algunos casos en los que se contempla el uso de otras tecnologías, como libros electrónicos o *e-books* (Nadarajah, et al. 2019), videojuegos (Aguilar et al., 2022), plataformas de colaboración o comunicación en línea (El Mhouthi y Erradi, 2018; Martín et al., 2022), aplicaciones de videoconferencias (Petchamé et al., 2022), Apps de diseño de contenidos o material didáctico (Martins et al., 2020); Apps de cuestionarios para la autoevaluación u otros sistemas de evaluación (Dimitriadou y Lanitis, 2023; Ma y Xu, 2023) y redes sociales (Qutechate et al., 2020).

### **3. La integración de las TIC en España: pasado, actualidad y prospectiva**

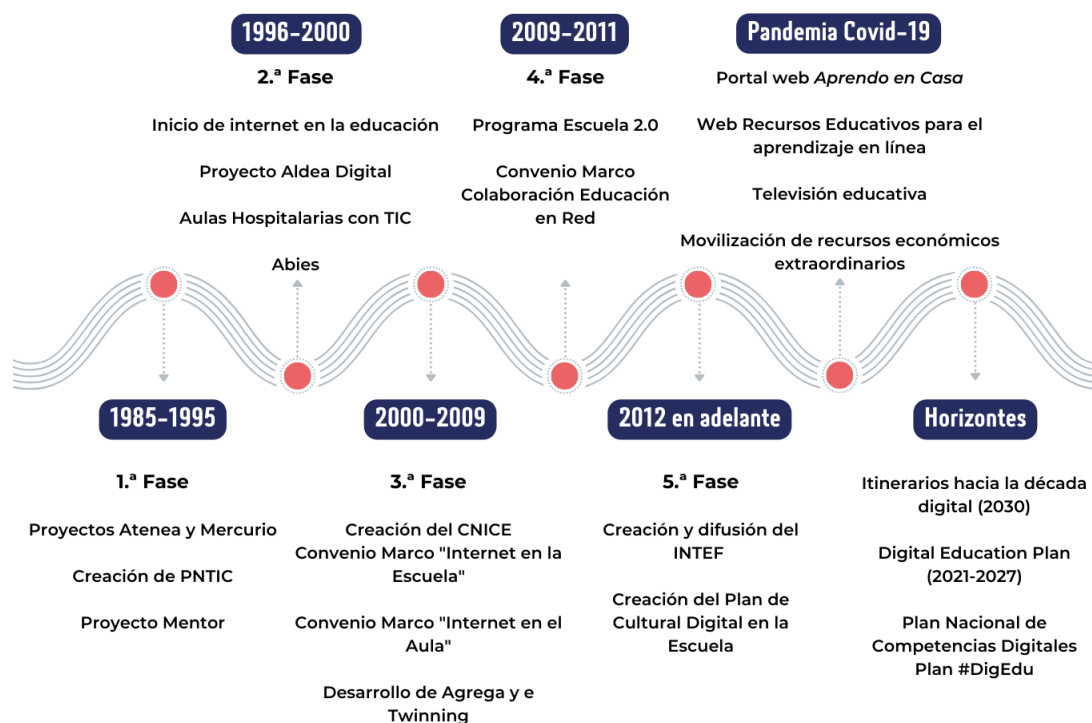
#### **3.1. Recorrido histórico de las TIC en la educación española**

La dotación tecnológica, la mejora de la conectividad, la promoción de la formación permanente en torno al desarrollo de la CDD, entre otras medidas, son algunas de las propuestas que se han desarrollado en diversos marcos nacionales para favorecer la integración de las tecnologías digitales en los contextos educativos. Muchas de dichas propuestas han ido motivadas por otros marcos de referencia internacionales. Sin embargo, para este trabajo se considera de interés profundizar en la panorámica del desarrollo histórico de las TIC en España, puesto que es el país sobre el que se desarrolla esta investigación.

Para abordar los hitos históricos más destacables se tiene en cuenta la trayectoria trazada por INTEF (2017). Por ello, se debe exponer que las primeras intenciones por incorporar medios tecnológicos en el contexto educativo español datan los años 80). Asimismo, de manera preliminar también se presenta en la Figura 11 una línea temporal en la que se exponen las principales fases de la integración de las TIC en el ámbito nacional, así como sus principales logros.

**Figura 11**

*Línea temporal de la integración de las TIC en España*



En primer lugar, en torno a la década 1985 y 1995 se desarrollaron dos proyectos que supusieron el inicio de toda una trayectoria de integración y mejora de la tecnología con un fin didáctico. El Ministerio de Educación crea el proyecto Atenea para la educación informática en los centros educativos, y el proyecto Mercurio para la instrucción sobre las posibilidades audiovisuales en el contexto escolar.

Posteriormente, unos años más tarde, en el año 1989, el Ministerio inicia un nuevo programa titulado *Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación* (PNTIC), principalmente, con la finalidad de crear unos órganos de coordinación de los dos proyectos anteriormente mencionados. De esta forma, las diferentes Comunidades Autónomas son las que adquieren las competencias para desarrollar programas similares, como por ejemplo, el proyecto Ábaco en las Islas Canarias, el Plan Zahara XXI en Andalucía, entre otros. Más concretamente, a partir del PNTIC, lo que se buscaba era asesorar a los organismos educativos en el diseño, aplicación y evaluación de las tecnologías disponibles; definir las características técnicas de los equipos informáticos adquiridos; y también, crear el órgano de coordinación junto al Ministerio de Educación y Ciencia para unificar las líneas de actuación de los proyectos.

En el momento de desarrollo de estos proyectos, el equipamiento tecnológico disponible era el ordenador compatible IBM y el sistema operativo MSDOS. Sin embargo, tras la implementación y puesta en marcha de los diferentes proyectos, ya se fueron actualizando dichas tecnologías y se implementaron las versiones iniciales de *Microsoft Windows* y su entorno gráfico enriquecido con un cursor.

Únicamente, por el hecho de participar en el proyecto Atenea ya se recibía una dotación tecnológica compuesta por aula de ordenadores, monitores, impresoras matriciales, diferentes programas informáticos de diseño gráfico, edición de textos, de simulación, etc., y también, periféricos concretos para apoyar el desarrollo de

estudiantes con necesidades educativas, como por ejemplo, los periféricos sustitutos del teclado. No obstante, tal y como se ha indicado en las finalidades de estos primeros pasos, no solo se facilitaba el acceso a la tecnología, sino que también se desarrollaron formaciones al profesorado participante, las cuales se llevaban a cabo en dos fases, una de iniciación y otra de profundización a partir de los contenidos y objetivos de su propia área de conocimiento.

En torno a esta primera década, más concretamente, en el año 1991, el Ministerio lanza una nueva iniciativa titulada *Proyecto Mentor*, en este caso, lo que se propone es la primera experiencia de teleformación dirigida a personas adultas a través *Ibertext*, que es la comercialización en España que hace Telefónica de videotex, es decir, una experiencia educativa basada en una línea telefónica. La interfaz que utilizaba *Ibertext* era similar a la del actual teletexto de las televisiones, y posteriormente, este proyecto se continuó desarrollándose bajo el nombre de *Aulas Mentor*. Sin embargo, la finalidad continuó siendo la misma, la de ofrecer un aprendizaje a lo largo de la vida de una manera flexible y a través de la vía telemática (Fernández-Herráez, 2013).

Tras estas iniciativas, la educación comienza a verse influida por el desarrollo de internet, lo cual comprende una nueva fase de la integración de las TIC en el contexto escolar español. En este caso, se establece el periodo de 1996 a 2000. Al inicio de la misma, algunos centros educativos ya podían acceder a una red de internet vía línea analógica con una experiencia de navegación a una velocidad máxima de 56 Kbps. Asimismo, desde ese mismo año, tanto el Ministerio de Educación, como las Comunidades Autónomas continuaron integrando nuevos recursos informáticos. En torno a este año, comienza a estabilizarse la idea de usar las TIC en el contexto educativo, debido a que ya es un proceso extendido por bastantes zonas del territorio nacional.

Con el objetivo de posibilitar el acceso a internet desde otras zonas más remotas, el Ministerio promovió el *proyecto Aldea Digital*. En este caso, se entregaron, a los centros educativos rurales y de pequeñas localidades de más de 2.500 localidades, módems, líneas de comunicación, y entre otros recursos para la conexión a internet. En este sentido, se beneficiaron más de 70.000 estudiantes y más de 7.000 docentes que participaron en formaciones profesionales para saber hacer un uso adecuado de internet. En su día, se desarrollaron investigaciones que evidenciaron todas las oportunidades que fomentó este proyecto, por ejemplo, en las escuelas rurales de Asturias (Del Moral et al., 2014).

En esta fase también comienza a desarrollarse una preocupación administrativa por hacer llegar las tecnologías digitales a otros entornos educativos no tan habituales como los centros de educación Primaria y Secundaria, como es el caso de las aulas hospitalarias. Al respecto, a partir de este momento fue cuando comenzaron a iniciarse las primeras iniciativas para integrar las TIC como recursos para mejorar los procesos educativos, pero realmente se inició una línea de investigación que años más tarde se ha continuado desarrollando (Besschetnova et al., 2022; Serrano y Prendes, 2015).

De la misma forma, también comienzan a llevarse a cabo las primeras incorporaciones de las tecnologías a las bibliotecas escolares, es decir, se inicia el proceso de digitalización de una biblioteca escolar. El hito más importante en este sentido es la creación de un *software* específico, llamado *Abies*, el cual ha ido evolucionando hasta la actualidad y ahora se llama *Abiesweb*. De una manera más concreta, es un sistema de gestión para los fondos y otros recursos de las bibliotecas escolares de los centros educativos no universitarios. El mismo está promovido por el

Ministerio de Educación y Formación Profesional, y coordinado por las consejerías de educación de las Comunidades Autónomas.

La siguiente fase se establece entre un periodo del 2000 al 2007. Y en primer lugar, se crea el Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa, en el que se integran dos iniciativas anteriores, por un lado el PNTIC, y por otro, el Centro de Innovación y Desarrollo de Educación a Distancia. A través del mismo, lo que se pretende es progresar el campo de la educación a distancia a través de tecnologías y también, la difusión y promoción de las TIC vinculadas al campo educativo.

Posteriormente, en torno al año 2002, se firma por parte del Ministerio y la Comunidades Autónomas, el *Convenio Marco Internet en la Escuela*, puesto que las Comunidades Autónomas ya disfrutaban de las competencias necesarias en materia de educación. Los principales fines que se persiguen con este marco de actuación es la habilitación de conexiones a internet por medio de banda ancha, diseño de nuevos materiales didácticos a partir de las TIC, formación profesional, así como otras actuaciones propias para el fomento de las tecnologías, como recursos para la enseñanza y el aprendizaje.

De manera muy similar al marco comentado, tres años más tarde, es decir, en el 2005, se crea otra nueva propuesta para dar un segundo impulso a la integración de las TIC en esta tercera fase. Concretamente, se firma el *Convenio Marco Internet en el Aula*. Por tanto, las medidas son muy parecidas a las comentadas, es decir, apoyo técnico y metodológico a los contextos escolares, creación y difusión de recursos, seguimiento y evaluación de las implementaciones realizadas.

En el 2008, el Centro Nacional de Información y Comunicación Educativas (CNICE) pasó a llamarse *Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado* (ISFRRP). En este sentido, el nuevo organismo adquiere dos nuevas funciones: la incorporación de nuevas formas de teleeducación, y también, el diseño de programas de actualización del profesorado, así como la investigación sobre la docencia. Tan solo un año más tarde, este organismo desaparece y sus funciones son adquiridas por el *Instituto de Tecnologías Educativas* (ITE), que es justo el organismo previo al actual *Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado* (INTEF).

En esta fase también se desarrollan tres proyectos destacables:

- La plataforma *Agrega*, la cual consiste en un repositorio donde se almacenaron decenas de miles de objetos de aprendizaje.

La creación del *Servicio Nacional de Apoyo del Programa eTwinning*, a partir del que se favorece la interconexión entre diferentes colegios. Normalmente, de diferentes países, para desarrollar proyectos de colaboración a distancia. Esta medida iniciada en torno al 2005 continúa teniendo un gran desarrollo en la actualidad (Bonello et al., 2022).

- Por último, la creación en 2007 del Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios (CEDEC), cuya principal finalidad es la creación y difusión de recursos educativos con licencia libre para favorecer su acceso y distribución.

La cuarta fase se establece desde el 2009 hasta el 2011, y es la etapa en la que se incorpora internet en las metodologías educativas dando lugar así a las conocidas como aulas digitales. También destaca el auge de la formación profesional haciendo uso de internet. Así como la comercialización de la conexión a internet a través de la fibra óptica.

El desarrollo de la conectividad a internet, y por tanto, el incremento de las oportunidades educativas, motiva por parte del Ministerio de Educación la dotación de un mayor número de dispositivos para que cualquier estudiante pueda optimizar su aprendizaje. Por ello, surge en torno a 2009, *el Programa Escuela 2.0*, cuyos objetivos principales son: la transformación a aulas digitales de todas las aulas ordinarias de los cursos de tercer ciclo de Educación Primaria y primeros cursos de Educación Secundaria; dotación de equipos informáticos para que cada estudiante pueda hacer uso de uno; incremento de las acciones formativas para docente con el fin de que sepan utilizar de manera efectiva los recursos digitales; y también, continuar con la perspectiva colaborativa en red a través de la promoción del diseño y difusión de recursos educativos digitales. En 2011, el número de aulas digitales ya era 29.897, y 164.912 docentes formados.

Otros logros característicos de esta fase son: la firma del *Convenio Marco de Colaboración Educación en Red* por parte de diversos organismos para continuar promoviendo el uso de las TIC en el contexto educativo. También destaca la evolución de la plataforma *Agrega* creada en la fase anterior, a partir de ahora se llamaría *Agrega2* y es la actual plataforma de *Procomún*, donde se pone a disposición de cualquier usuario recursos educativos abiertos para impulsar el intercambio de iniciativas docentes y material educativo digital.

En el caso de la quinta fase, esta va desde 2012 a 2017, el INTEF absorbe el anterior ITE y asume las siguientes funciones: elaboración y divulgación de recursos educativos de cualquier área de conocimiento, así como de otros materiales de interés para la formación del profesorado; creación de acciones formativas en colaboración con las Comunidades Autónomas para la adecuada aplicación de las TIC, y también, el mantenimiento del portal de recursos educativos, así como la apertura de redes sociales para favorecer la divulgación y el intercambio de experiencias.

También, al inicio de esta fase, aunque se actualiza en 2014, se estructura *el Plan de Cultura Digital en la Escuela*, entre otros propósitos. Aquellos que suponen una novedad frente a otros planes y programas anteriores: creación del nodo de interoperabilidad educativa para una mayor coordinación; difusión a gran escala de *Procomún*, así como del interés profesional que tiene el acceso y la difusión de recursos educativos abiertos; y la aplicación de este plan a las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

Para terminar esta fase, en torno a 2017, se popularizan las redes sociales del INTEF, así como también se llevan a cabo diferentes acciones formativas abiertas (MOOC, NOOC y SPOOC) en las que se formaron cerca de 70.000 inscritos.

Posteriormente, durante la pandemia global del COVID-19 en la que se puso en relieve la importancia que tiene la dotación tecnológica, la formación docente, así como el desarrollo de la competencia digital por parte de todos los miembros de la comunidad educativa, a nivel nacional también se desarrollaron algunas propuestas con el objetivo de paliar la situación y facilitar la educación a distancia por medio de diversas tecnologías. Algunas de estas medidas fueron (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021):

- Creación del portal web *Aprendo en casa*<sup>12</sup>, en el que se agruparon recursos, herramientas y orientaciones, tanto para estudiantes, docentes y familias.

---

<sup>12</sup> <https://aprendoencasa.educacion.es/>

- Se pusieron a disposición de los docentes todos los recursos de formación profesional a distancia que existían (1.162 módulos profesionales).
- Apertura del portal web *Recursos Educativos para el Aprendizaje en Línea* por parte del INTEF. En el mismo también había diversas herramientas y recursos para la educación a distancia.
- A lo largo de la historia, la televisión educativa ha sido objeto de estudio (Sánchez-Durán, 2023). En esta ocasión, la televisión pública y en colaboración con editoriales y otros profesionales de la educación crearon la programación educativa *Aprendemos en casa*. En esta, estudiantes de Primaria y Secundaria tenían cinco horas de programación diaria. Sobre todo, esta fue una propuesta orientada para aquellas personas que tenían dificultades para seguir la formación online propuesta por sus centros educativos.
- Movilización de recursos financieros de manera extraordinaria para: dotar de 500.000 dispositivos móviles a estudiantes en situaciones de vulnerabilidad, orientar y reforzar los centros educativos con mayores dificultades, entre otras medidas para intervenir la brecha digital existente.

Tal y como se ha expuesto, la situación provocada por la pandemia condicionó el acelerado establecimiento de un enfoque educativo basado en el *e-learning* en todas las etapas obligatorias, incluso en la Educación Infantil y Primaria. Asimismo, meses más tarde, cuando la situación comenzó a mejorar, también se desarrollaron experiencias de *b-learning*; y por último, experiencias ya totalmente presenciales, pero donde la tecnología adquirió un gran protagonismo. Por dichas razones, en la actualidad han continuado proponiéndose diversas iniciativas para hacer un uso eficaz y extendido de las TIC en el contexto educativo. Algunas de las más representativas se abordan a continuación.

### 3.2 Iniciativas para el futuro desarrollo de las TIC en España

España está involucrada en el programa de política Itinerarios hacia la década digital (2030). Este marco propuesto por la Comisión Europea lo que pretende es establecer unas estrategias de cooperación para alcanzar unas metas comunes en materia de desarrollo tecnológico, pero desde una perspectiva general, como promoviendo la sostenibilidad del futuro digital, la participación en el espacio público digital, la libertad de elección en línea, etc.

No obstante, de una manera concreta, y en total relación con el campo de la educación, se encuentran algunas medidas del tipo: empoderar a la profesión docente para adoptar métodos innovadores a través de tecnologías digitales y el establecimiento de itinerarios flexibles; desarrollo de infraestructuras tecnológicas sólidas para atender a cualquier estudiante de manera independiente de sus necesidades educativas; promocionar la formación inicial y permanente en torno al desarrollo de una educación digital; la creación de especialistas TIC en términos de programas educativos que posibiliten integrar de manera adecuada la inteligencia artificial, supervisar la aplicación de las medidas más actualizadas de ciberseguridad (Comisión Europea, 2021a).

Por otro lado, también existe el *Digital Education Action Plan (2021-2027)*. Al igual que en el caso anterior, este plan también es una medida política de la Unión Europea en el que está involucrada España. A partir del mismo, a lo que se aspira es a establecer una visión renovada y una perspectiva común de la educación digital de alta calidad, inclusiva y accesible. Por lo tanto, esta hoja de ruta incluye diversas propuestas



concretas, que incluso están relacionadas con la consecución de lograr el programa comentado previamente de *Itinerarios hacia la década digital (2023)*. Estas medidas específicas se estructuran en torno a dos prioridades, las cuales contienen diferentes puntos de acción. La primera prioridad es fomentar el desarrollo de un ecosistema educativo digital de alto rendimiento, y contiene seis acciones. Mientras que la segunda prioridad es mejorar las capacidades y las competencias digitales para la transformación digital, y contempla ocho acciones. Algunas de estas acciones son:

- Establecer un marco de certificación digital, a partir del que el 70 % de ciudadanos que tengan entre 16 y 74 años tengan al menos un nivel básico de competencia digital en el año 2025; mientras que en 2030 tiene que ser un mínimo del 80 % de la población.
- Incrementar la participación de las mujeres en los grados universitarios y en los proyectos STEAM. Concretamente, se busca disminuir la brecha de género consiguiendo que al final de 2027 existan 40.000 estudiantes mujeres que hayan participado en iniciativas relacionadas con las competencias digitales y el emprendimiento. Para ello, se propone el desarrollo de plataformas digitales destinadas a los fines comentados e implementadas en la Educación Secundaria, la organización de festivales femeninos E-STEAM, entre otras acciones.
- El diseño de unas directrices éticas sobre el uso de las IA y los datos en la enseñanza y el aprendizaje para educadores. Para ello, se establece un llamamiento para propuestas de formación, donde puedan participar expertos en la temática, así como también, se pretende formar a estudiantes e investigadores universitarios en el uso ético y eficaz de la IA.
- Además de todas las medidas concretas que existen, desde la Comisión Europea también se ha propuesto la creación de un Centro Europeo de Educación Digital para favorecer la cooperación y el intercambio de conocimientos y consecución de logros entre todos los países participantes (Comisión Europea, 2021b).

A nivel nacional, es decir, desde el Ministerio de Educación y Formación profesional de España, también se han creado diversos planes y agendas de acción para los próximos años. En este caso, se destacan dos iniciativas, una más general, pero en la que se aborda la educación, y otra es exclusiva del campo educativo.

La primera de ellas es el Plan Nacional de Competencias Digitales (Gobierno de España, 2021), el cual surge para mejorar algunos datos, como que: en torno al 43 % de la población española no tiene adquiridas unas competencias digitales básicas; o que tan solo existe un 3,2 % de la población que es especialista en TIC, etc. Para ello, se han establecido siete líneas de actuación, así como una serie de medidas asociadas a cada una de ellas. A continuación, en la Tabla 11 se exponen dichas líneas, así como una síntesis de las medidas adoptadas.

**Tabla 11**

*Líneas de actuaciones y medidas del Plan Nacional de Competencias Digitales*

Línea de actuación	Medidas
Capacitación Digital de la ciudadanía	Principalmente, se enfoca a la ciudadanía que está en riesgos de exclusión digital. Para ello se plantea la

	<p>habilitación de una red nacional de centros de capacitación digital, la promoción de MOOC, así como de otras acciones concretas para la inclusión digital.</p>
Lucha contra la brecha digital de género	<p>Fomento de la vocación hacia el estudio de grados científicos y tecnológicos por parte de las mujeres. También, impulso de la capacitación digital de las mujeres.</p>
Digitalización de la educación y desarrollo de las competencias digitales para el aprendizaje	<p>Desarrollo de un plan específico de digitalización y competencias digitales del sistema educativo; incorporación de la CD y de programación en los currículos educativos de las etapas obligatorias; fomento del diseño de recursos educativos abiertos para la enseñanza; plan de formación profesional digital (FPDigital) y también, el plan Uni Digital para actualizar el sistema universitario español a través del fomento de la CD en cualquier titulación de manera independiente de su naturaleza.</p>
Formación en competencias digitales a lo largo de la vida laboral	<p>Iniciativas de formación orientadas a la recualificación y refuerzo de competencias de las personas trabajadoras (<i>reskilling</i> y <i>upskilling</i>). Integrar la CD con sus diferentes niveles en el catálogo nacional de cualificaciones profesionales.</p>
Formación en competencias digitales de las personas al servicio de las administraciones públicas	<p>Acciones formativas de las Administraciones Públicas.</p>
Desarrollo de competencias digitales para las PYMEs	<p>Iniciativas concretas para la conversión digital de las PYMEs.</p>
Fomento de especialistas TIC	<p>Actualización de la oferta formativa, tanto a nivel de formación profesional, como universitario. Y también, programas para la atracción y retención de talento en el ámbito digital.</p>

Fuente: adaptación a partir de Gobierno de España (2021) (p. 6)

La segunda iniciativa que se desarrolla desde España es el plan de digitalización y competencias digitales del Sistema Educativo (Plan #DigEdu) (INTEF, 2022). Esta iniciativa incluye diversas actuaciones orientadas tanto a centros educativos, como a todos los miembros involucrados en la comunidad educativa. Concretamente, se estructuran en torno a cuatro líneas:

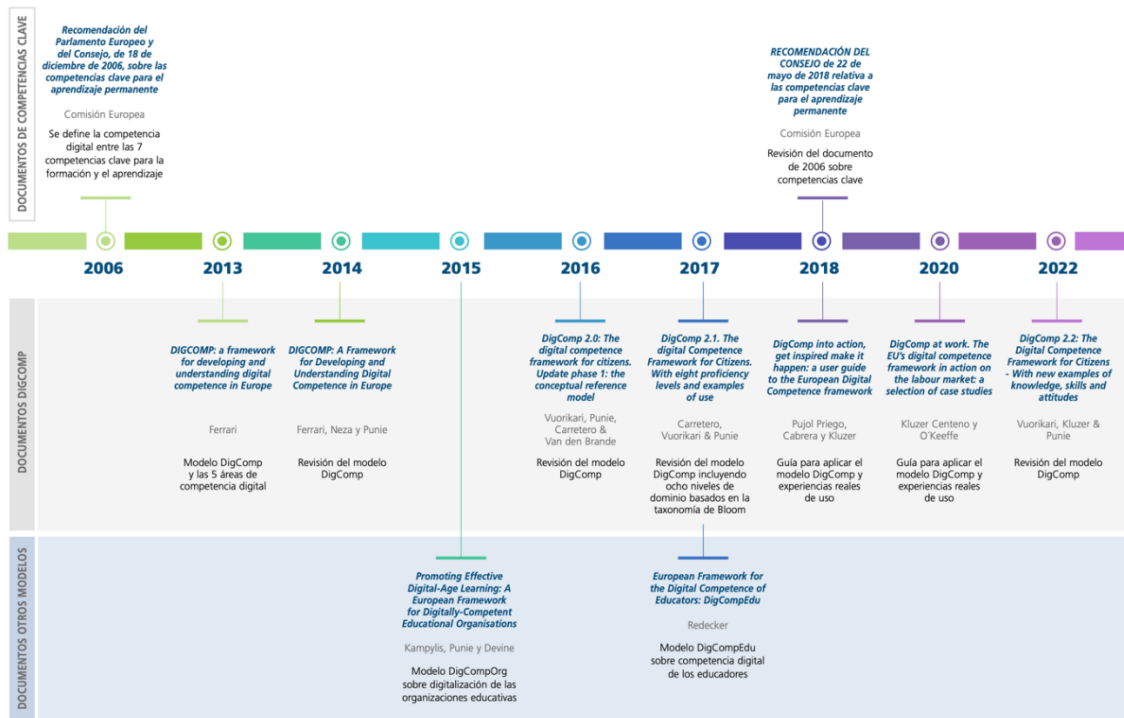
1. Desarrollo de la competencia digital educativa.
2. Digitalización del centro educativo.
3. Creación de recursos educativos en formato digital.
4. Metodologías y competencias digitales avanzadas.

En relación a la primera línea de actuación, lo que se pretende es mejorar la competencia digital del alumnado, la cual debe estar presente de manera transversal en cualquier área curricular y se apoya en el modelo europeo DigComp. También la CDD a partir del marco europeo, concretamente del modelo *DigCompEdu*. Y por último, la competencia digital de los centros educativos desde el marco de referencia europeo *DigCompOrg*, así como la herramienta de análisis SELFIE. Respecto al empleo de esta herramienta para evaluar el proceso de digitalización de un centro educativo, ya se han llevado a cabo diversas iniciativas a partir de las que se extraen conclusiones

interesantes para los centros educativos, ya que consiste en un autodiagnóstico de su CD, así como las acciones que se deberían priorizar para mejorar las áreas más débiles (Fernández y Prendes, 2022). La evolución de todos estos modelos europeos sobre digitalización en educación aparece resumida en la siguiente figura 12.

**Figura 12**

*Evolución histórica de los modelos europeos sobre competencia digital*



Fuente: Prendes-Espinosa y Carvalho (2022) (p. 10)

La segunda línea de actuación del Plan #DigEdu contempla medidas como la de *escuelas conectadas*, que consiste en un convenio entre diferentes organismos para mejorar la conectividad a través de la instalación de banda ancha de alta velocidad. También *Educa en Digital*, el cual supone otro convenio entre otros organismos para dotar a diferentes centros educativos de más de 500.000 equipos con conexión a internet. Y por último, *el plan de recuperación, transformación y resiliencia*, que consiste en la dotación de más de 300.000 dispositivos portátiles, la instalación y mejora de los sistemas digitales interactivos, y también, la formación técnica de los docentes en función de los recursos mencionados.

La tercera línea de actuación relacionada con la creación de recursos educativos en formato digital está vinculada con la creación de entornos virtuales para la creación y divulgación de recursos educativos. Un caso es el de la web *Recursos Educativos para el Aprendizaje en Línea*<sup>13</sup>, cuya finalidad es compartir recursos, itinerarios de aprendizaje, herramientas... para cualquier miembro de la comunidad educativa. Por otro lado, se fomenta el diseño de recursos a través de herramientas digitales, como

<sup>13</sup> <https://bit.ly/3zyl3RH>

*eXeLearning*<sup>14</sup>, o también, la promoción de recursos para el uso seguro de entornos digitales a través de la web *AseguraTIC*<sup>15</sup>.

Al respecto, el diseño de recursos educativos abiertos y su distribución en red es una práctica que se está implementando y con unos resultados positivos, puesto que también favorece la colaboración interprofesional. Incluso, se han desarrollado proyectos, cuya principal finalidad es el diseño de recursos a través de la plataforma comentada *eXeLearning* (Alberdi y Valdera, 2021).

La última línea de actuación es la de metodologías y competencias digitales avanzadas. Principalmente, a través de la misma se busca el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento computacional, la IA... Así como el empleo de metodologías activas enriquecidas con tecnologías digitales y el aprendizaje flexible. En este caso, destacan algunas iniciativas, como el programa *Código Escuela 4.0*, dedicado a fomentar las competencias del pensamiento computacional a través de la robótica y la programación. Asimismo, también destaca en esta línea de actuación, una de las propuestas más emergentes en calidad de entornos enriquecidos con TIC. Concretamente, es la iniciativa de *Aula del Futuro (AdF)*, promovida por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), la cual está totalmente vinculada con el objeto de estudio de la presente investigación.

### 3.3. En torno al proyecto iTEC: el origen de las AdF

De manera previa a profundizar en el concepto de AdF, las tecnologías más usadas, así como las prácticas implementadas en diferentes contextos, es preciso que se aborde el punto de inicio de estos entornos, es decir, los resultados europeos del proyecto de investigación iTEC (*Innovative Technologies for an Engaging Classroom* o en castellano, Tecnologías Innovadoras para Clases Participativas) que se inició en el 2010 (Anido et al., 2015).

Esta iniciativa se desarrolló durante cuatro años y estuvo liderada por la *European Schoolnet*, la cual consiste en una red sin fines de lucro con sede en Bruselas y formada por 34 Ministerios de Educación Europeos, entre los que destaca el Ministerio de España. Asimismo, dicho proyecto de investigación estuvo financiado por la Comisión Europea. A nivel de organización, se debe exponer que existe un órgano de gobierno que se llama *iTEC High Level Group* o en castellano, grupo de alto nivel de iTEC, el cual está formado por 10 personas que pertenecen a diversas organizaciones vinculadas con el proyecto.

De manera más precisa, se puede destacar que en el proyecto iTEC participaron 26 socios entre los que destacan tanto Ministerios de Educación, como empresas proveedoras de tecnología educativa, y también, organizaciones de investigación. También es de valor destacar la labor desarrollada por un órgano de consejeros expertos en Pedagogía, los cuales se encargan principalmente de diseñar los escenarios de aprendizaje a partir de estos entornos educativos.

Tal y como se expone en el informe de Lewin y McNicol (2014), el principal objetivo de iTEC era descartar el enfoque tradicional de la enseñanza a partir de incorporar tecnologías y transformar la manera en la que se estaba impartiendo clase en las etapas educativas de Primaria y Secundaria, es decir, las etapas obligatorias. Para ello, se propuso desarrollar escenarios educativos basados en lo que podrían ser las aulas del

<sup>14</sup> <https://exelearning.net/>

<sup>15</sup> <https://intef.es/aseguratic/>

futuro desde una perspectiva de la pedagogía digital. Con este fin se diseñaron diversas actividades de aprendizaje y se pusieron a prueba multitud de herramientas digitales y recursos educativos. De manera concreta, en este estudio participaron 50.000 estudiantes de 20 países europeos, y un total de 2.653 aulas.

De manera más específica, las herramientas digitales que se incorporaron y que supusieron una notable innovación en los diferentes escenarios educativos, son las que se muestran a continuación en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Frecuencia de uso de herramientas digitales en el iTEC*

Tipo de herramienta digital utilizada	%
Dispositivo de captura de datos ( <i>Data capture device</i> ) <sup>16</sup>	80
Recursos digitales	77
Herramientas digitales de comunicación	73
Herramientas digitales de colaboración	62
Sitios web para compartir música, fotos, vídeos y diapositivas	62
TeamUp <sup>17</sup>	59
Herramientas de diseño multimedia	58
Dispositivos móviles	55
Pizarra interactiva	54
Videojuegos	31
Sistema de información del estudiante (student information system)	25
Sistema de respuesta del alumno (learner response system) <sup>18</sup>	20
Cámara de documentos o visualizador digital	19
Experimentos virtuales y simulaciones	16
Instrumentos de alta tecnología para la ciencia	7

Fuente: adaptado y traducido de Lewin y McNicol (2014) (p. 28)

El proyecto iTEC contempla diversas innovaciones, cuatro de las más representativas y que se interrelacionan entre ellas son:

- Biblioteca de escenarios del aula del futuro.

Recopilatorio de prácticas educativas con una perspectiva futurista o avanzada según cuáles serían las pedagogías y las tecnologías que se emplearán para desarrollar experiencias educativas más eficaces. Para ello, se tienen en cuenta tendencias, retos educativos, realidades del sistema educativo actual, descripción de los roles implicados, entre otros factores.

- Conjunto de herramientas para el aula del futuro.

Una colección de herramientas y estrategias que complementa la biblioteca de escenarios del aula del futuro.

- Biblioteca de actividades de aprendizaje.

Diversas descripciones concretas con detalles prácticos y orientaciones enfocadas a profesores para saber cómo aplicar las TIC de forma eficaz. Estas actividades no están

<sup>16</sup> Micrófonos, grabadoras de vídeo, cámaras de fotos, escáneres, etc.

<sup>17</sup> Herramienta digital para que los estudiantes se organicen en grupos en función de sus intereses, y que también puedan integrar reflexiones grupales sobre sus progresos.

<sup>18</sup> Sistema interactivo de votaciones en entornos presenciales.

insertas en un plan de estudios, pero sí que contemplan el desarrollo de las diferentes competencias de los estudiantes del siglo XXI.

- Biblioteca de historias de aprendizaje.

Compilación de secuencias de aprendizaje en las que se incluyen recomendaciones de cómo se podría estructurar un plan de sesiones a partir del desarrollo de varias actividades de aprendizaje. Además de las actividades, también se especifica información sobre las herramientas complementarias recomendadas, así como cualquier otra información que facilita la orientación y la inspiración de los docentes.

Entre los diferentes impactos que iTEC tuvo tanto en estudiantes, como en docentes, se destacan:

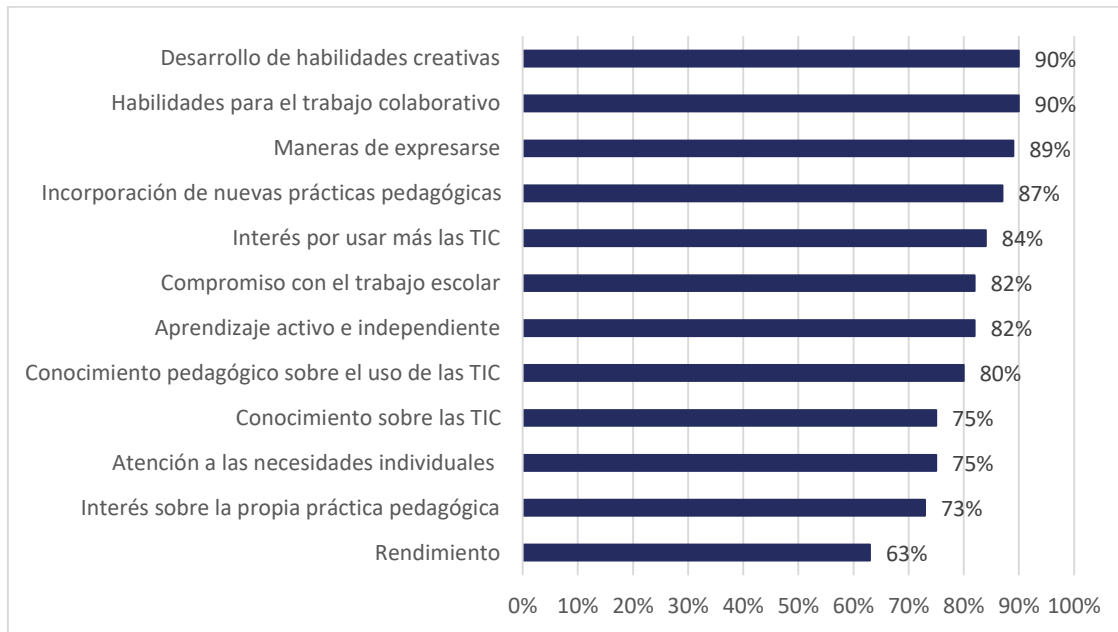
- Docentes y estudiantes coinciden en el pensamiento de que se fomentaron notablemente las competencias para los estudiantes del siglo XXI. Estas fueron: el aprendizaje independiente, el pensamiento crítico, la resolución de problemas del mundo real, la reflexión, la colaboración y la comunicación, y también, la alfabetización digital.
- El rol del alumnado se transformó de estudiantes consumidores de información, a estudiantes activos, los cuales adquirieron el rol de tutores, diseñadores y productores de su propio aprendizaje.
- La aplicación de actividades basadas en el marco iTEC tuvo una repercusión positiva en relación a la motivación de los estudiantes.
- La perspectiva de docentes y estudiantes también coincide en relación al rendimiento, puesto que en ambos casos se reconoce un incremento del mismo.
- Los docentes consideran que la investigación iTEC favoreció el desarrollo de la CDD.
- Se consiguió una mayor colaboración profesional docente, puesto que no solo existía una comunidad en los centros educativos, sino que también se apoyaron y enriquecieron a través de las comunidades profesionales en línea.
- Los docentes destacan la gran oportunidad que iTEC supuso para conocer una gran diversidad de herramientas digitales. Posibilitando así un uso constante y sistemático de las mismas, y no solo utilizar las tecnologías más comunes en los mismos momentos educativos, como por ejemplo, la preparación de presentaciones audiovisuales.
- Algunas de las innovaciones propias de este proyecto mejor valoradas por parte de los responsables políticos y de los profesores, fueron: la biblioteca de escenarios, las historias de aprendizaje y las actividades de aprendizaje.
- Se prevé que aquellos países participantes, cuyas políticas y estrategias nacionales coincidan con las finalidades del proyecto, continuarán llevando a cabo diferentes prácticas futuras similares a las propuestas en el iTEC.

De una manera más concreta, en la Figura 13 se expone un diagrama donde se recogen los datos vinculados con los resultados más positivos de las diferentes implementaciones realizadas en los centros educativos de los países participantes. Los resultados de este diagrama están relacionados con los datos provenientes de docentes, y refleja el nivel de acuerdo que existe con cada afirmación en términos de

habilidades o destrezas, por ejemplo el 84 % de los profesores afirma tener más interés en torno al uso de las TIC.

**Figura 13**

*Diagrama con los resultados más positivos derivados del iTEC*



Fuente: adaptación a partir de García-Garmendia (2014) (p. 39)

En resumen, a partir de todos los resultados extraídos, los responsables políticos, profesorado y otras partes involucradas en el proyecto concluyeron que se obtuvieron unos resultados favorables en cuanto al uso de la tecnología con el fin de innovar los entornos escolares. Sin embargo, estos también destacan que es un proyecto que marca un comienzo, puesto que el mismo debe continuar para apreciar todo su potencial y que se pueda gestar un cambio generalizado en todos los países participantes. A pesar de las implicaciones que se realizarían con posterioridad en el marco del nuevo proyecto para las aulas del futuro, el iTEC concluyó el proyecto con la publicación de diversos MOOC relacionados con las herramientas contempladas, así como con otros contenidos relacionados.

### **3.4. Aproximación al concepto de AdF desde la perspectiva del *Future Classroom Lab***

A partir de las conclusiones extraídas y de las recomendaciones de los socios participantes, a partir de la finalización del proyecto iTEC, se funda en Europa la iniciativa titulada *Future Classroom Lab (FCL)* o en español, laboratorios de aulas del futuro.

Para la creación de esta nueva comunidad en torno al *Future Classroom Lab*, se propone que los Ministerios de Educación, así como otros colaboradores del proyecto, sean quienes elijan a los nuevos embajadores de las AdF de los países participantes. Estos tienen un rol de liderazgo y colaboran directamente con la comunidad iTEC para el desarrollo de nuevas propuestas de aulas del futuro avaladas por la *European Schoolnet* (Lewin y McNicol, 2014).

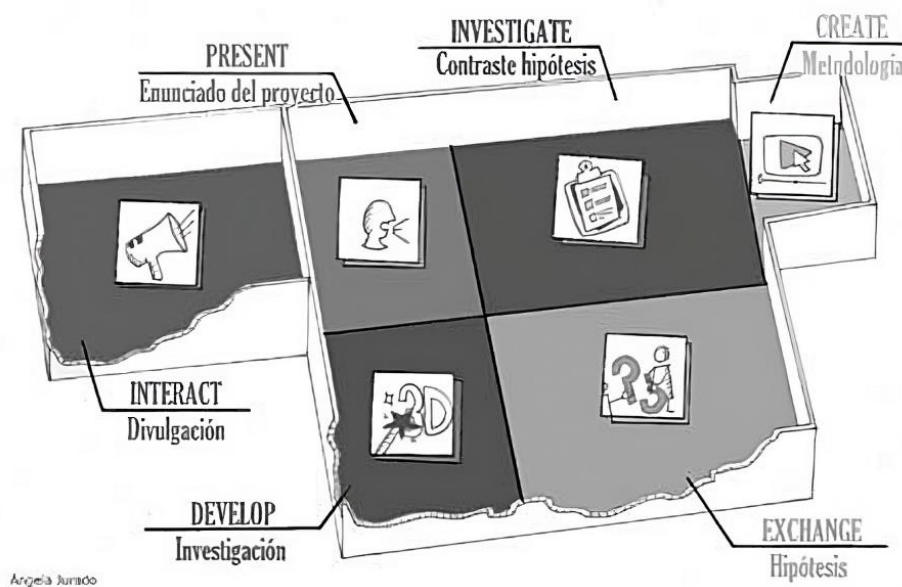
A partir de Tena y Carrera (2020) se debe exponer que FCL tiene una misión principal desde que comienza a constituirse en torno al año 2012. Esta finalidad original es la de ocasionar un cambio metodológico haciendo uso sobre todo del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), también el fomento de las competencias clave, y todo ello, teniendo disponible una extensa gama de recursos digitales en los entornos educativos.

Los laboratorios de las aulas del futuro están diseñados para que los estudiantes puedan colaborar, experimentar y resolver cualquier problema relacionado con situaciones de la vida real, favoreciendo así un aprendizaje significativo y útil para su desarrollo. De manera muy particular, estos entornos presenciales enriquecidos con tecnologías están divididos en diferentes áreas, o incluso salas, a partir de las que se pueden poner en práctica todas las fases de cualquier investigación.

A partir de estos fundamentos, en Bruselas se crea en 2017 un primer prototipo de FCL. En el mismo, se contemplan un total de seis áreas: presentar, investigar, crear, intercambiar, desarrollar e interactuar (Figura 14). En cada una de estas hay diferentes tipos de tecnologías según sea la finalidad de dicha área o sala, por ejemplo, en un área pueden encontrarse impresoras 3D para la creación de cualquier pieza que forme parte de un mecanismo o robot, mientras que en otra área es donde se encontrará el equipo informático y los periféricos necesarios para iniciar una videoconferencia, por ejemplo, con otros estudiantes con los que se está colaborando a distancia.

**Figura 14**

*Distribución de salas según el modelo bruselense de FCL en 2017*



Fuente: Tena y Carrera (2020) (p. 456)

Atendiendo a estas áreas de una manera más precisa, en la Tabla 13 se presentan los nombres de las mismas, junto a su descripción y las tecnologías y/o mobiliario que se suelen contemplar. Asimismo, las diferentes áreas se presentan en un orden secuencial según las fases características de un proceso de investigación.



**Tabla 13***Áreas, descripción y tecnologías del FCL bruselense*

Nombre del área	Descripción	Tecnologías y/o mobiliario
<i>Present</i>	La finalidad es promover la competencia comunicativa de los estudiantes. Principalmente, a través de las reflexiones grupales.	Aplicaciones digitales para la retroalimentación entre estudiantes.
<i>Exchange</i>	Se busca la interacción entre los estudiantes a partir de trabajar en grupos de diferentes tamaños. Principalmente, se pretende que generen hipótesis de su investigación y que puedan acceder a información en línea.	Pupitres y sillas móviles para favorecer el desplazamiento y la reagrupación.  Una mesa grande llamada "la isla", donde el alumnado se reúna en gran grupo para tomar decisiones.  Dispositivos digitales con acceso a internet para buscar cualquier información.
<i>Create</i>	Área por excelencia donde llevar a cabo los procesos creativos, así como poner en práctica el sentido del emprendimiento y de la iniciativa personal. Principalmente, se utiliza para diseñar cualquier artefacto, dibujo o cualquier creación que sea necesaria para la realización del proyecto.	PDI, aplicaciones digitales para diseñar planos o realizar cualquier dibujo, impresoras 3D y dispositivos relacionados con la robótica.
<i>Develop</i>	Se relaciona con los principios del aprendizaje informal, puesto que es donde aplican las estrategias planeadas a partir de hacer uso de todos los materiales que esta zona tiene, así como de todas las tecnologías con las que cuenta. En esta área también es donde suelen divulgar su proyecto a otros centros para buscar colaboradores.	Aplicaciones digitales para la programación, robots, impresoras 3D, equipamiento de grabación audiovisual...
<i>Investigate</i>	Se utiliza para probar el funcionamiento y la idoneidad del producto elaborado en el área anterior. Es también donde se comprueba la hipótesis generada, es decir, si se corrobora, o si sería necesario establecer nuevos horizontes.	Sensores, elementos de fuerza o resistencia y robots educativos.
<i>Interact</i>	Se divulgan a otros compañeros las conclusiones. Los estudiantes exponen su itinerario de investigación, así como los productos generados. Asimismo, también se debaten posibles mejoras.	Tabletas con acceso a internet, estación de grabación de podcast para la radio escolar, uso del blog educativo del centro, etc.

Fuente: Adaptación a partir de Tena y Carrera (2020) (p. 457)

Es de suma importancia aclarar que desde la *European Schoolnet* no se busca establecer como marco de referencia el modelo de FCL bruselense, sino que el equipo profesional involucrado en el desarrollo de cada entorno es el encargado de decidir la distribución del espacio, así como la dotación tecnológica que tendrá según los objetivos

perseguidos. Expresado de otro modo, no existe un solo tipo de FCL, sino que las propuestas pueden ser diferentes entre sí, atendiendo a la formación profesional, los recursos disponibles, las necesidades de aprendizaje, entre otros factores; pero sin embargo, todas las FCL sí que se deben construir sobre los mismos principios de transformar el enfoque educativo tradicional haciendo uso de las TIC, teniendo en cuenta el cambio metodológico, la incorporación de áreas o salas al entorno presencial...

A pesar de la imagen rígida que los FCL pueden transmitir en relación al establecimiento de unas áreas fijas, se debe exponer que es totalmente recomendable el uso de mobiliario portátil, ya que los entornos podrían ser flexibles para beneficiar la colaboración, el aprendizaje activo, la movilidad y el intercambio de roles.

Por otro lado, y en total sintonía con la libertad que estos espacios pretenden ofrecer a los estudiantes, no existe un itinerario concreto sobre qué áreas o salas se tienen que visitar antes o después, y el tiempo que los estudiantes deben pertenecer en ellas. El orden estará condicionado por el proyecto que se presente, y podrán desplazarse autónomamente por el espacio y frecuentar las salas que consideren oportunas tantas veces como sean necesarias.

Además de la integración tecnológica, el establecimiento de nuevas líneas metodológicas, entre otras actuaciones comentadas, también destaca la importancia de la formación permanente al respecto. Las FCL ofrecen un reto profesional, puesto que el campo de las tecnologías digitales está en continuo progreso, lo que implica una constante mejora y actualización de recursos, de estrategias didácticas utilizadas, de sistemas de evaluación a través de tecnologías, etc. En cuanto a la formación profesional, también cabe destacar que se está extendiendo la iniciativa de integrar el concepto de FCL en los planes de estudios universitarios de futuros docentes (Arstorp, 2018).

Tal y como se está evidenciando, el progresivo establecimiento del FCL en los contextos educativos europeos está ocasionando nuevas oportunidades de formación, las cuales nunca se habían investigado antes, puesto que se presenta un entorno educativo emergente. Según Tena y Carrera (2020), el FCL únicamente tendría dos antecedentes con los que se podría relacionar.

El primero de ellos son las aulas de informática o aulas de ordenadores que la gran mayoría de centros educativos tienen, puesto que consisten en entornos educativos enriquecidos con tecnología para promover el aprendizaje a través de las TIC. Sin embargo, dichas aulas son muy distantes en cuanto a las finalidades, la distribución del espacio, las tecnologías contempladas, entre otros factores de los FCL.

Sin embargo, sí que existía previamente una propuesta titulada *Real Center (rethink education and learning)* promovida por *RM Education* en Reino Unido. Incluso, existió una colaboración con la red de FCL a la hora de establecer algunas de las bases, así como con la dotación de recursos para su inicio. El *Real Center* también promovía un espacio para el aprendizaje flexible, donde experimentar nuevos enfoques metodológicos enriquecidos con tecnologías. De tal forma, que se podría afirmar que iTEC no es la única influencia directa a partir de la que se desarrolla la propuesta de FCL, sino que el *Real Center* también es un punto de inspiración relevante.

En la actualidad, la red FCL cuenta con la colaboración de más de 30 empresas tecnológicas de reconocido prestigio, como *Dell, Hacer, LEGO, HP, Microsoft, Intel, Google for Education*, entre otras. Además, se han creado dos guías a partir de las que

saber cómo se podrían utilizar todos los recursos tecnológicos que estas empresas ponen a disposición de dichos entornos. Por un lado, está la caja de herramientas del aula del futuro<sup>19</sup>, la cual sirve para averiguar cómo crear escenarios de aprendizaje enriquecidos con TIC y cómo diseñar actividades de aprendizaje para estos entornos; y por otro lado, la herramienta de escenarios Novigado<sup>20</sup>, una guía para crear planes de estudios a partir de orientaciones y algunas propuestas ya diseñadas.

Además, también se están desarrollando diferentes proyectos de investigación bajo la iniciativa de las FCL. Uno de ellos es el titulado *EmpowerED*, que tuvo su inicio en enero del 2023. Principalmente, lo que se pretende es motivar el diálogo entre diversos agentes involucrados en la digitalización de la enseñanza y el uso de tecnologías en los entornos educativos, por ejemplo, a través de algunas organizaciones diferentes entre sí, como incubadoras, FCL, asociaciones, universidades, equipos de investigación, etc. La finalidad de crear dichas redes profesionales es para incrementar los intercambios de conocimientos y crear sinergias de colaboración, fomentar el incremento de oportunidades para desarrollar la enseñanza enriquecida con tecnologías en el marco europeo, acelerar la innovación en el campo de la educación, entre otros objetivos.

Otro proyecto con una naturaleza muy diferente a la comentada es el proyecto *DIGI-LINGO*, en este caso, lo que se pretende fomentar es el multilingüismo en los diferentes países europeos. Para ello, lo que se está investigando es el potencial de los entornos enriquecidos con TIC para favorecer el aprendizaje de idiomas.

### 3.5. El desarrollo del Aula del Futuro en España

La red de países donde está presente la FCL continúa aumentando, en la actualidad son 15 países. Concretamente, de Europa participan países como Eslovaquia, Portugal, Noruega, Polonia, Italia, Francia, entre otros; incluso, existe participación internacional no perteneciente a Europa, como el caso de Texas (EEUU), Israel o China. No obstante, según la red FCL, los seis casos que destacan como prácticas excelentes en cuanto a la adecuada implementación de estos entornos son Bélgica, Francia, Alemania, Portugal, España y Turquía<sup>21</sup>. Asimismo, trabajos como el de Tena y Carrera (2020), expresan que las iniciativas implementadas en la península ibérica, así como en Bruselas, son los tres casos más interesantes a la hora de estudiar el desarrollo de esta iniciativa. Principalmente, porque de esta forma se tendría en cuenta el país de origen (Bélgica), así como otras dos propuestas implementadas en países cercanos entre sí (España y Portugal), pero con políticas y contextos educativos diferentes.

A pesar de las oportunidades que estos entornos ofrecen a la experiencia educativa, es una línea de investigación todavía por desarrollar. Incluso, Tena y Carrera (2020) afirman que la mínima literatura existente al AdF se podría justificar si se tiene en cuenta que su llegada a España se produjo durante 2017, o en 2015 según González-Pérez et al. (2022) y por tanto no ha existido el tiempo suficiente para crear una bibliografía especializada sólida y amplia que sustente la iniciativa. A pesar de ello, a continuación se expone una panorámica del estado de la cuestión.

Hace décadas, desde el contexto nacional, ya se reflexionaba sobre la educación del futuro o cómo serían los retos que deberían enfrentarse en unos años más tarde. Sin embargo, poco o nada tienen que ver las reflexiones del aula del futuro originales (Luis, 2002), con lo que a día de hoy se conoce como AdF, puesto que este concepto, tal y

---

<sup>19</sup> <https://fcl.eun.org/toolkit>

<sup>20</sup> <https://fcl.eun.org/scenario-tool>

<sup>21</sup> <https://fcl.eun.org/fcl-network-labs>

como se ha visto previamente en torno al FCL, está relacionado con la transformación del espacio educativo en cuanto a la creación de áreas, la integración de diversas tecnologías y la aplicación de metodologías activas que favorecen la flexibilidad y la autonomía.

Tal y como se ha expuesto, las AdF deben estar divididas en diferentes zonas para favorecer la flexibilidad y la autonomía de los estudiantes según sean las tareas que deben desarrollar en torno al proyecto que se está aplicando. Tal y como se ha definido previamente, los principios de la FCL exponen que la distribución del espacio depende de las finalidades, y del diseño que la comunidad educativa establezca según sean las necesidades y las preferencias identificadas. No obstante, desde los canales de difusión, el INTEF promueve sobre todo el modelo bruselesense de seis áreas: investiga, interactúa, desarrolla, crea, explora y presenta (Figura 15) o también un modelo que añade una nueva zona a las otras seis anteriores, que es la zona de intercambiar (Figura 16).

**Figura 15**

*Modelo de AdF de seis zonas promovido por el INTEF*



Fuente: <https://bit.ly/3NoJdpf>

**Figura 16**

Modelo de AdF de siete zonas promovido por el INTEF



Fuente: <https://bit.ly/3G33nkw>

Seguidamente, en la Tabla 14 se recogen las zonas existentes según el modelo. Para ello, se comparan los tres modelos aludidos, es decir, el bruselense, el español de seis zonas y el de siete zonas.

**Tabla 14**

Comparativa de tres modelos de AdF según sus zonas

	Bruselense	Español (6 zonas)	Español (7 zonas)
Investiga	X	X	X
Crea	X	X	X
Intercambia	X		X
Desarrolla	X	X	X
Interactúa	X	X	X
Presenta	X	X	X
Explora		X	X

Tal y como se aprecia, las diferencias son dos. Por un lado, que el modelo bruselense no contempla la zona de explora, mientras que los dos modelos españoles sí cuentan con esta zona. Concretamente, la finalidad de la misma, según los modelos nacionales es analizar y comprender el entorno, así como fomentar el pensamiento crítico a partir de la experimentación. En este caso, las tecnologías que se recomiendan son las gafas de RV, dispositivos móviles con cámaras de grabación 360°, y también, la robótica.

Por otro lado, la segunda diferencia, es que el modelo español de 6 zonas no contempla la de intercambiar, mientras que el de siete zonas y el bruselense sí que la tiene. Esta zona está orientada a la colaboración entre estudiantes y el desarrollo de

tareas que supongan debatir, escuchar, etc. Se suele utilizar una PDI, así como equipos para conectar por videoconferencia.

Teniendo en cuenta el modelo de 6 zonas, las tecnologías y finalidades de la zona de intercambiar podrían estar asumidas tanto por la zona de presentar, como la de interactuar. Principalmente, porque en ambos casos se fomenta el debate, la retroalimentación constructiva, así como también se contemplan unas tecnologías similares.

Para la obtención del reconocimiento del sello *Centro Aula del Futuro* del INTEF no es obligatorio desarrollar la experiencia en relación a ninguno de los modelos mencionados, puesto que tal y como se presentó, ante todo se fomenta la flexibilidad y la adaptación al contexto donde se implemente la experiencia. Por ello, el INTEF diseña unos criterios de reconocimiento de AdF (Tabla 15), así como una rúbrica<sup>22</sup> en la que se debe tener al menos un punto en cada uno de los criterios para optar al sello *Centro Aula del Futuro*.

**Tabla 15**

*Criterios para la obtención del sello Centro Aula del Futuro*

Criterios	Descripción
Criterio A. Espacio Aula del Futuro	El centro tiene a su disposición uno o más espacios físicos que cumple con los principios del modelo AdF. Exista o no zonificación deben desarrollarse las actividades propias de estos entornos (desarrollar, crear, explorar...).
Criterio B. Metodologías activas y utilización de las tecnologías digitales	Todos los proyectos o situaciones de aprendizaje se estructuran en torno al empleo de metodologías activas enriquecidas con TIC.
Criterio C. Uso del Aula del Futuro y participación docente	El claustro docente participa y utiliza de forma coordinada el AdF.
Criterio D. Integración en el centro y la difusión	Existe una difusión del AdF a través de la web o blog del centro educativo u otros canales de difusión. Además, se integra el proyecto en los documentos institucionales del centro (Plan Digital, PEC, programaciones, etc.)

Fuente: adaptación a partir de <https://bit.ly/3zkjblX>

Entre algunas de las propuestas realizadas y difundidas, destaca la de Pelayo (2021). En esta AdF implementada en un centro de Educación Primaria de Cádiz se proponen principalmente proyectos globalizadores, es decir, interdisciplinarios en los que la robótica y la programación a través de *Scratch* tiene un gran protagonismo. Se trabajó principalmente a través de retos, y para ello, los estudiantes tuvieron que aprender sobre los grupos de gráficos informáticos (mapas de bits y vectoriales); la utilización de aplicaciones digitales complementarias, como *InkScape* para el diseño digital vectorial; el uso de kits de robótica e impresoras 3D, entre otros recursos para fomentar la concentración, la resolución de problemas, la colaboración y la creatividad.

En este caso concreto, no se sigue el patrón de la FCL bruselense, sino que existen tres áreas, las cuales agrupan en parejas las áreas típicas del modelo original. A continuación, en la Tabla 16 se exponen dichas áreas, así como una breve descripción

<sup>22</sup> <https://bit.ly/40OW8F2>

de las actividades que se llevan a cabo en las mismas y las tecnologías que más se utilizan.

**Tabla 16**

*Áreas, descripción y tecnologías de una AdF española*

Áreas	Descripción	Tecnologías
Zona “investiga y desarrolla”	En esta, el alumnado puede trabajar tanto de manera independiente, como en grupos. La finalidad es aplicar lluvias de ideas, debates, estrategias para la planificación y diseño de las actividades que se deben desarrollar.	Ordenadores y tabletas.
Zona “crea y explora”	Aquí el alumnado podrá convertir sus ideas en productos. Tienen a su disposición diferentes recursos para crear vídeos, generar maquetas, construir mecanismos o robots, etc.	Ordenadores y tabletas con las Apps necesarias para editar vídeos, programar entre otras acciones; impresoras 3D y kits de robótica.
Zona “interactúa y presenta”	Es la zona de la exposición de los productos elaborados. En este punto es donde se pone en práctica el diálogo, la participación entre compañeros y la discusión.	PDI

Fuente: adaptación a partir de Pelayo (2021)

El desarrollo de las AdF no está sujeto a un tipo de centro educativo concreto, sino que en cualquier realidad escolar se podría habilitar un espacio destinado a la AdF. Un claro ejemplo que evidencia este hecho es el de la creación de una propuesta de AdF en un colegio rural. En este caso, la experiencia se titula *El Aula de los Benamakers*, y es una propuesta que pertenece a un colegio público rural agrupado de Valencia (Olmos y Pardo, 2019). Para su construcción se hizo uso de la metodología Aprendizaje Servicio (ApS) en la que participaron familias, docentes y estudiantes. Concretamente, construyeron un entorno polivalente, minimalista y adaptado a las necesidades e intereses de los estudiantes. Las seis zonas creadas son las propias del modelo bruselense, que coinciden con las difundidas por parte del INTEF. En relación a las metodologías contempladas, es de interés destacar que el Aprendizaje Basado en Proyectos no es la única posibilidad en las AdF, aunque la naturaleza de estos entornos sea la adecuada para desarrollar las fases de cualquier proyecto de investigación.

Al respecto, esta propuesta evidencia que los estudiantes suelen utilizar diversas metodologías, sobre todo el ABP, el ApS o la gamificación enriquecida con tecnologías. En cuanto a la evaluación de la puesta en práctica de estos entornos emergentes, teniendo en cuenta el carácter novedoso que están suponiendo, y la mínima existencia de datos al respecto, en este caso se establecen cuatro instrumentos de evaluación para extraer conclusiones de su puesta en marcha y poder modificar y redefinir las prácticas oportunas; dichos instrumentos son: una encuesta para valorar el proyecto, una rúbrica de evaluación, un cuestionario de autorreflexión, y también, la observación directa y su registro por parte del profesorado.

En el caso de la Educación Secundaria también se han desarrollado experiencias con el objetivo de no solo transformar el espacio físico educativo, sino de cambiar la perspectiva o la manera de entender la educación (Hilario et al., 2022). Según esta

propuesta, la AdF es una forma de promover la renovación pedagógica para hacer frente a los nuevos desafíos que la educación está presentando. Para ello, la zonificación del espacio educativo estuvo compuesta por cuatro zonas, que son la de investiga, diseña, crea y comparte; puesto que las restantes estarían también representadas en las otras cuatro. Igualmente, esta experiencia también se basa en la taxonomía de Bloom, es decir, la importancia de desarrollar un aprendizaje a través de crear itinerarios formativos que partan del conocimiento y la investigación, para posteriormente, analizar, aplicar, evaluar, crear... De una manera más concreta, se expone que cualquier situación de aprendizaje se estructura en torno a cuatro momentos claves:

- Adquisición de conocimientos curriculares relacionados con el proyecto que se está desarrollando.
- Aplicación de dichos conocimientos para llevar a cabo la propuesta de actuación.
- Creación del producto contemplado en el proyecto a partir de los diseños realizados.
- Presentación y defensa de la calidad del trabajo, así como de la consecución de los objetivos en base a los criterios establecidos.

Esta propuesta expuesta por Hilario et al. (2022) evidencia que se han trabajado diversas estrategias, como el folio giratorio, rutinas de pensamiento, técnica cooperativa 1-2-4, técnica cooperativa el rompecabezas o grupo de expertos; también se ha cambiado la disposición del mobiliario según las tareas a realizar en cada momento; se ha hecho uso de diversas tecnologías para el diseño de podcast, infografías y vídeos, como *Audacity*, *YouCut*, etc., también para la búsqueda de información, o incluso, el uso de Apps concretas como *Padlet*, *Mahara*, *Socrative*, *Google Forms*, etc. para llevar a cabo el sistema de evaluación planteado.

Tal y como se está exponiendo, el progreso de las AdF y el extendido uso de tecnologías digitales forma parte del actual sistema educativo. Por ello, al igual que ha sucedido en el marco europeo, en España también se están desarrollando iniciativas con estudiantes universitarios del campo de la educación. De esta forma, los futuros docentes pueden tener una experiencia directa sobre las posibilidades, los beneficios y los retos que estos entornos enriquecidos con tecnologías pueden generar en otros contextos con un alumnado infantil o adolescente.

A partir de Revuelta et al. (2022), cabe destacar que en las AdF universitarias también se pueden trabajar otras metodologías que demandan de los estudiantes una involucración activa, como es el caso de la gamificación. Asimismo, en este caso concreto también se pone de relieve la importancia que tienen los REA en el contexto educativo. Por ello, una de las finalidades del proyecto desarrollado con estos estudiantes de la comunidad de Extremadura es la creación de recursos didácticos digitales, los cuales sean totalmente accesibles, modificables, reutilizables, combinables y redistribuibles.

Tomando como ejemplo la comunidad citada, González-Pérez et al. (2022) destacan que se ha desarrollado un plan para dicho contexto a partir del que supervisar y potenciar el correcto desarrollo de las AdF. Para ello se tienen en cuenta cuatro variables: el propio diseño de AdF, el estado de transformación de los espacios; la formación profesional recibida, y también, la experiencia docente diseñando situaciones o actividades de aprendizaje. Además, también se afirma que los estudiantes



universitarios de grados educativos tienen una valoración muy positiva sobre las posibilidades que estos entornos posibilitan a la enseñanza y el aprendizaje. Concretamente, opinan que son una gran oportunidad para el desarrollo de una educación activa, la mejora de la comunicación entre los roles involucrados, así como para el intercambio de ideas y la resolución de problemas. Por esta razón, es de total importancia, que los estudiantes universitarios desarrollen un aprendizaje experiencial a partir de participar en contextos de AdF reales y tengan que resolver un proyecto.

A raíz de esto, cabe afirmar que las AdF son una realidad cada vez más extendida por el tejido nacional universitario, y es que en el caso de Ruiz-Lázaro et al. (2022) incluso se exponen diferentes actividades concretas, las cuales fueron diseñadas para estudiantes del Grado en Educación Primaria, también en Infantil, e incluso algunos estudios de posgrado de una universidad madrileña. Principalmente, en este contexto se desarrolla una metodología de ABP en la que los estudiantes tienen que superar o resolver diversos retos relacionados con las tecnologías y el diseño de propuestas didácticas para las etapas educativas que están relacionadas con sus grados universitarios. Algunos casos son: un mapa de proyectos de innovación educativa; el diseño de un CEIP digital; un proyecto relacionado con el diseño de un taller para el aprendizaje del cuerpo humano a través de Realidad Aumentada; entre otros.

Por último, es preciso destacar que, ante los diferentes retos educativos que generan las AdF, la formación del profesorado y promover su desarrollo profesional es una de las principales medidas que se tienen que llevar a cabo. Por ello, se han desarrollado iniciativas para tal fin, las cuales se han impartido a los docentes de la Comunidad de Madrid de etapas no universitarias a través de una AdF para que de manera experiencial puedan apreciar las oportunidades que estos entornos pueden brindar al proceso de enseñanza y aprendizaje. En términos de resultados, generalmente se obtiene un balance positivo de la experiencia, puesto que los participantes evidencian haber incrementado su participación en relación a la búsqueda de información, el análisis de la misma, la utilización de herramientas digitales para la creación de recursos, el intercambio de conocimientos e ideas... entre otros beneficios ocasionados por la experiencia dinámica y flexible (Gómez-García, 2022).

## **Capítulo III. Marco metodológico**

“Solo tengo dos preguntas: ¿Qué haces y cómo lo haces?”

En busca de la felicidad (2006)

Tal y como se ha recogido en la sección anterior, desde su aparición, las tecnologías digitales han favorecido el desarrollo de iniciativas innovadoras en el campo de la educación. En este sentido, unos de los focos actuales de interés son los nuevos espacios educativos SLE y AdF, conceptos que han surgido a partir del desarrollo de las ciudades inteligentes. Con estas nuevas propuestas se favorece la flexibilidad y la adaptación de la experiencia educativa de cada estudiante a partir del empleo de recursos digitales. Sin embargo, es una línea de investigación emergente que está estableciendo tanto las bases teóricas, como las primeras implementaciones prácticas.

Teniendo en cuenta el carácter novedoso de estos espacios educativos, en la presente tesis doctoral se llevan a cabo diversas investigaciones desde diferentes enfoques. Todo ello, con el fin de identificar conceptos, analizar nuevos problemas y establecer líneas prospectivas.

### 1. Problema y objetivos de investigación

El problema de investigación de esta tesis doctoral es el siguiente: ¿cómo está siendo el desarrollo de los SLE en el contexto educativo español?

Para abordarlo, el presente trabajo se estructura en torno a cuatro objetivos generales y diez objetivos específicos, tal y como se recogen en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Áreas, descripción y tecnologías de una AdF española*

Objetivos generales	Objetivos específicos
1. Analizar el impacto académico de la educación sobre igualdad de género a través de las tecnologías digitales, así como su posible vinculación a los SLE.	1.1. Identificar las propuestas didácticas publicadas según las diferentes etapas educativas formales. 1.2. Describir las experiencias desarrolladas a partir de las tecnologías empleadas.
2. Analizar el estado de desarrollo de los SLE.	2.1. Identificar y analizar las definiciones y modelos propuestos sobre SLE. 2.2. Diseñar un modelo de SLE transferible a cualquier etapa educativa.
3. Analizar la implementación de las AdF en España.	3.1. Describir cómo se están utilizando las AdF en el contexto educativo español. 3.2. Identificar las tecnologías utilizadas en estas AdF. 3.3. Analizar la satisfacción profesional y las necesidades que existen en relación al diseño, la implementación y los resultados de las AdF.
4. Identificar las similitudes y las diferencias de las AdF implementadas en España respecto a las teorías y aproximaciones de los SLE.	4.1. Comparar las AdF implementadas en España respecto a los principios y las teorías de los SLE. 4.2. Contrastar las tecnologías utilizadas en las AdF y los SLE.

4.3. Justificar las posibilidades de estos entornos educativos emergentes para la enseñanza de la igualdad de género.

## 2. Método y diseño de investigación

El enfoque metodológico de la tesis es por un lado cuantitativo, pues existe una aproximación a la investigación desde una perspectiva de investigador externo cuya intención es obtener una visión descriptiva de la realidad. Y para ello se han recogido datos empíricos a través de una técnica de encuesta. Por otro lado, en algunas fases de la investigación se han empleado técnicas cualitativas, especialmente para el diseño del modelo de SLE, el cual se ha utilizado como base para analizar la experiencia de implementación en España de AdF en la investigación exploratoria.

### 2.1. Investigación documental

La investigación documental se define como aquella que trata de comprender la realidad social y el conocimiento generado a través de analizar diversos tipos de documentos (Luvezute et al., 2015). Para ello, se ha llevado a cabo la técnica de revisión sistemática, puesto que es una técnica muy utilizada en el campo educativo para ofrecer una visión panorámica de un objeto de estudio (Marín-Juarros, 2022; Sánchez-Meca, 2022). A partir de los resultados se pueden extraer evidencias empíricas y fiables para responder a preguntas de investigación concretas desde una perspectiva teórica (Arévalo et al., 2010).

El elemento fundamental para cualquier revisión sistemática es disponer de una colección de trabajos científicos publicados en torno a la temática investigada. Para ello, es preciso definir unos descriptores o palabras claves a partir de los que se puedan extraer el mayor número de resultados posibles (Torres-Fonseca y López-Hernández, 2014). Estos descriptores deben insertarse en los buscadores de diferentes bases de datos, siendo Scopus y WoS, dos bases de datos internacionales de referencia, que siempre suelen estar presentes en cualquier revisión, independientemente de la disciplina estudiada; tal y como incluso se puede apreciar en algunas revisiones actuales (González-Herrera et al., 2023; Saluja et al., 2023).

Tal y como se ha indicado, para garantizar la sistematicidad bajo este paradigma de la investigación teórica, es imprescindible contar con un protocolo de actuación. Con este fin, son numerosos los marcos metodológicos que existen hasta el momento, cuyo objetivo principal es el establecimiento de las fases o pasos que tienen que seguirse para seleccionar los documentos que finalmente serán analizados en la revisión sistemática. Algunos ejemplos son los marcos SALSA (Grant y Booth, 2009), PSALSAR (Mengist et al., 2020), entre otros. Sin embargo, el más utilizado en todas las revisiones sistemáticas es la declaración PRISMA, cuya versión más reciente es la de 2020 (Page et al., 2021), y es la que se utiliza en los trabajos teóricos de esta tesis doctoral, aunque en algunos casos también se combine con otros métodos recomendados por revisores externos, o teniendo en cuenta otros trabajos de referencia.

Tras la fase de identificación de documentos, la cual consiste en aplicar los descriptores y eliminar las duplicidades halladas entre las diferentes bases de datos empleadas, es preciso desarrollar una fase de filtrado. Al respecto, existen diferentes recomendaciones por parte de diversos trabajos, en los que se exponen que se deben aplicar filtros basados en el tiempo, el idioma, el tipo de trabajo, o incluso, el área geográfica de publicación (Moss y Gu, 2022; Tavares, 2022). No obstante, también existen otros marcos de referencia para llevar a cabo la fase de filtrado, como es el caso

de PICO, PICO<sub>S</sub> o SPIDER (Pertegal-Vega et al., 2019; Stern et al., 2014). En esta tesis doctoral se emplea la estrategia PICO<sub>S</sub>, la cual establece los siguientes criterios: Población, Fenómeno de Interés, Contexto y Diseño de estudio.

Para el análisis de la información cualitativa extraída de las revisiones se ha seguido el siguiente proceso: selección de las unidades de información en los textos, condensación y codificación, y por último, creación de categorías y temas en varios niveles (Lindgren et al., 2020). Para ello, se ha utilizado tanto el programa informático *Atlas.ti 9*, como NVIVO. Según los objetivos del trabajo realizado se han utilizado unos diagramas u otros a partir de los que exponer la información de la manera más clara posible (Artículos I, II y III).

## 2.2. Investigación exploratoria

La naturaleza de la investigación cuantitativa desarrollada en esta tesis doctoral es exploratoria, debido al carácter novedoso y emergente que suponen los SLE y las AdF. Tal y como se ha evidenciado en otros capítulos, la literatura científica respecto a las AdF, así como a las prácticas de los SLE, es mínima. Por ello, a partir de los trabajos empíricos aquí desarrollados se pretende estudiar este objeto de estudio innovador, para así, identificar conceptos, analizar nuevos problemas, crear nuevas líneas de investigación, y también, sugerir nuevas afirmaciones y postulados (Hernández-Sampieri et al., 2010).

De manera general, se debe destacar que, se ha optado por un diseño de tipo encuesta. De esta forma, se pretende alcanzar el mayor número posible de muestra. Además, es una técnica muy frecuente en los estudios educativos, tanto por su versatilidad, como por su eficiencia, ya que permite extraer datos descriptivos y correlaciones. A partir de los mismos, se puede generar una amplia visión sobre un objeto de estudio poco conocido hasta el momento, como es el caso de las AdF y los SLE en el contexto educativo español (McMillan y Schumacher, 2005).

Para el análisis de datos se ha utilizado el programa informático estadístico SPSS (versión 28). Principalmente, en relación a los resultados descriptivos se han empleado estadísticos, como la media, la desviación típica, la asimetría y la curtosis. Y por otro lado, para las correlaciones entre variables se han aplicado tablas de contingencia y diversas pruebas estadísticas: el índice Tau-B de Kendall ( $\tau_b$ ) para aquellas tablas cuyas variables son ordinales (Laurencelle, 2009); y el test exacto de Fisher-Freeman Halton para las tablas de contingencia que no son sencillas (2x2), y se relaciona una variable ordinal, con una variable nominal (Mehta y Patel, 2013; Molina, 2021) (Artículos IV y V).

## 3. Población y muestra de la investigación exploratoria

En este apartado se especifica toda la información relativa al proceso de concreción de la población y la muestra de la investigación exploratoria. Sin embargo, todas las decisiones referentes a la selección de los documentos para las revisiones sistemáticas aplicadas se recogen en los artículos correspondientes (artículos I, II y III).

El Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), el cual es un órgano que pertenece al Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España, en su página web oficial, tiene una sección titulada *RED AdF*<sup>23</sup>, en la cual aparecen todos los centros educativos españoles de Infantil, Primaria, Secundaria, FP, Educación Superior, formación del profesorado y otras organizaciones que tienen el sello oficial de reconocimiento de *centro AdF*. Por ello, esta

<sup>23</sup> <https://auladelfuturo.intef.es/red-adf/>

fuente oficial comentada es la que se ha tenido en cuenta para seleccionar la muestra invitada a participar en la investigación cuantitativa de esta tesis doctoral.

En primer lugar, se debe destacar que la población total de centros con el sello de AdF es de 159<sup>24</sup>, sin tener en cuenta las etapas educativas a las que pertenecen. Sin embargo, al aplicar el filtro de las etapas educativas obligatorias, es decir, Educación Primaria y Secundaria, la población desciende hasta 104 Aulas del Futuro. De este número de centros invitados a participar todavía se deben restar 9, los cuales respondieron a un correo electrónico que ya no disponen de AdF. Por lo tanto, la muestra invitada es de 95 centros educativos de Primaria y Secundaria con el sello oficial de AdF.

Aplicando la fórmula del tamaño de la muestra a una población de 95 centros educativos, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 10 %, el tamaño de la muestra debería ser 49 Aulas del Futuro. Teniendo en cuenta que la encuesta ha sido respondida por un total de 52 centros educativos diferentes de España, se puede afirmar que los datos obtenidos son representativos de la población objetivo.

En este punto, se debe destacar que del total de AdF existentes, en el estudio participan un total de 52. Sin embargo, existen 66 respuestas a la encuesta, debido a que algunas AdF son utilizadas por más de un docente del mismo centro educativo. Por lo tanto, a partir de ahora, N=66.

En relación a la titularidad de la muestra participante, en la Tabla 18 se relaciona el nivel del centro educativo respecto a la titularidad (público, concertado o privado).

**Tabla 18**

*Muestra según el nivel y la titularidad del centro educativo*

	Público (n)	Concertado (n)	Total
Enseñanza Primaria	38	2	40
Enseñanza Secundaria	25	1	26
Total	63	3	66

En cuanto a la división de la muestra según su posición geográfica, todas las Comunidades Autónomas de España están representadas, excepto cuatro, que son Galicia (n=1), Cantabria (n=2), Navarra (n=1), Región de Murcia (n=1) y una ciudad autónoma, Melilla (n=1).

En relación al género existe una igualdad notable, puesto que el género masculino está representado por un total de las 32 respuestas (48.5 %), mientras que el género femenino por 34 respuestas (51.5 %).

La mayor parte de la muestra está comprendida en el intervalo de edad entre 36 y 45 años (n=30). Asimismo, destaca una escasa representación de docentes menores de 35 años o mayores de 56.

Por otro lado, en cuanto a los años de experiencia docente, la gran mayoría de la muestra se encuentra en el intervalo entre 6 y 15 años (n=21; 31.8 %) y entre 16 y 25 años (n=21; 31.8 %). Mientras que en referencia a los años de experiencia haciendo uso del AdF, la mayoría de la muestra tiene una experiencia mínima de tres años (n=38). Asimismo, también se debe destacar, que la edad media de los estudiantes con los que más uso se hace del AdF es con estudiantes que tienen entre 9 y 12 años (n=21; 31.8 %).

<sup>24</sup> Dato consultado en enero de 2023.

#### 4. Instrumento de investigación

Con el objetivo de conocer la realidad implementada en España en torno a las AdF y su posible relación con los SLE, se ha empleado un cuestionario *ad hoc*. Principalmente, se ha optado por este tipo de instrumento debido a la naturaleza exploratoria de esta investigación, ya que los cuestionarios *ad hoc*, a diferencia de los cuestionarios estandarizados, son instrumentos diseñados a partir de unos objetivos de investigación específicos, para los cuales, no existen otros instrumentos previos.

De manera general, los ítems contemplados en el cuestionario de esta tesis doctoral se basan en una escala Likert impar de cinco niveles. Concretamente, estas son escalas categóricas de tipo ordinal para medir la frecuencia y la satisfacción.

Asimismo, se ha escogido una escala impar en lugar de una escala par, debido a la mayor precisión y validez que estas ofrecen, puesto que es recomendable incluir una opción indiferente o intermedia para que la persona encuestada no se sienta obligada a tomar una decisión forzada, si es que no tiene seguridad sobre la respuesta que quiere dar (Matas, 2018; McMillan y Schumacher, 2005). Asimismo, también se debe destacar que se ha añadido una opción de *no sabe o no contesta* en todos los ítems para evitar que la persona encuestada de una respuesta al azar si no ha entendido la pregunta o si no sabe qué responder. Asimismo, como para garantizar que ningún participante se sienta presionado a responder alguna pregunta que le genere incomodidad.

Respecto a los valores de las escalas Likert utilizadas, se debe destacar que aquellos ítems para conocer las experiencias de AdF desarrolladas utilizan una escala de frecuencia (nunca, casi nunca, ocasionalmente, casi siempre y siempre). Mientras que por otro lado, los ítems que abordan la perspectiva docente para conocer el grado de satisfacción y las necesidades profesionales, utilizan una escala de satisfacción (nada satisfecho, poco satisfecho, normal, satisfecho y muy satisfecho). Asimismo, también se emplean otros ítems que contemplan variables categóricas nominales para conocer algunos de los datos sociodemográficos.

Respecto al diseño y la validación del instrumento, se debe indicar, que originalmente, este estaba constituido por 70 ítems (Anexo 1), los cuales se diseñaron partiendo de dos elementos: por un lado, el modelo de SLE que se ha creado en el marco de esta tesis doctoral (García-Tudela et al., 2021), y por otro lado, las últimas tendencias publicadas tanto materia de recursos tecnológicos contemplados para los SLE, como otros avances de estos entornos.

Posteriormente fue sometido a un método Delphi, el cual consiste en una técnica cualitativa de obtención de información de un grupo de expertos, con el fin de establecer un consenso fiable sobre un mismo producto, en este caso, un instrumento de investigación. También se ha utilizado esta técnica en la presente tesis doctoral para establecer las dimensiones del modelo SLE-5.

El método Delphi, según Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca (2016), ofrece una perspectiva más objetiva que supera los sesgos propios de las limitaciones que tendría el juicio de un solo individuo o de un grupo reducido de compañeros. Principalmente, con esta técnica lo que se busca es tener una amplia gama de perspectivas profesionales que provengan tanto de la experiencia práctica en el campo investigado, como de los conocimientos teóricos que estos tengan. Asimismo, se destaca que un método Delphi debe contemplar las siguientes características:

- Proceso iterativo. Los expertos deben tener diferentes consultas para emitir sus opiniones en varias oportunidades. De esta forma, también pueden reflexionar sobre sus propias opiniones, como las del resto del grupo experto.
- Anonimato. En ningún momento, las opiniones emitidas por un experto son conocidas por el resto, puesto que esto podría condicionar la aparición de sesgos derivados del liderazgo o prestigio académico de alguno de los participantes.
- *Feedback* controlado. El equipo encargado de la investigación prepara las rondas de consulta de una manera muy estructurada en la que siempre aparezcan las opiniones dadas por los expertos, los acuerdos o coincidencias, así como las posturas divergentes.
- Respuesta estadística del grupo. Se extrae la información estadística de cada uno de los ítems incluyendo frecuencias y medias de tendencia central, así como los valores de dispersión de cada una de las respuestas. Además, el *feedback* que se da en cada ronda debe contener dicha información estadística.

A continuación, se presenta el proceso de validación seguido para este instrumento de investigación según el modelo propuesto de método Delphi de cuatro fases en Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca (2016) (Figura 17).

**Figura 17**

*Modelo de cuatro fases para aplicar el método Delphi*



Fuente: adaptación a partir de Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca (2016) (p. 92)

En relación a la fase 1, es decir, la definición, ésta consiste en el establecimiento del objetivo que se pretende alcanzar por medio del instrumento de investigación diseñado. De esta forma, los expertos pueden valorar los ítems de una manera mucho más precisa y ajustada a los intereses de la investigación. En este caso concreto, el texto que se presentó a los expertos para hacer la presentación fue el siguiente:



*Para continuar con el desarrollo de esta Tesis Doctoral ha sido necesario diseñar un cuestionario a través de las diferentes dimensiones contempladas en el modelo SLE-5. Concretamente, a través del presente cuestionario se pretende conocer en qué consisten las propuestas de AdF implementadas en las etapas de Primaria y Secundaria, así como el grado de satisfacción y las necesidades profesionales identificadas por los docentes involucrados.*

Seguidamente, para el desarrollo de la fase 2, es decir, la conformación del grupo de expertos, se establecieron diversos criterios a partir de los que seleccionar un total de siete especialistas, puesto que, aunque no exista un consenso sobre la cantidad exacta de expertos que deben participar (García-Ruiz y Lena-Acebo, 2018; García-Valdés y Suárez-Marín, 2013), en algunos trabajos se recomiendan que sean más de seis (Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca, 2016). Asimismo, a pesar de los criterios que todos los expertos deben cumplir para ser seleccionados, también se recomienda que sea un grupo heterogéneo entre sí para favorecer una diversidad de opiniones, por lo que sería adecuado contemplar un grupo diverso en edad, género, experiencia profesional y centro de trabajo.

Los diferentes criterios que se establecen para seleccionar los expertos de este método Delphi son los siguientes:

- Estar doctorado en Tecnología Educativa.
- Tener una experiencia mínima de 10 años siendo investigador y docente en el campo de la Tecnología Educativa.
- Pertenecer en la actualidad a un grupo de investigación universitario relacionado con la Tecnología Educativa.
- Haber participado en la validación de otros instrumentos o modelos relacionados con los SLE, AdF o similares.

Respecto a la tercera fase, las rondas que se han aplicado han sido dos, puesto que en la última ya existió un consenso por parte de todos los expertos involucrados. Además, según Guilabert (2021), es un óptimo número de rondas, ya que se sugiere que estas deben ser menos de tres. La aplicación de las rondas ha sido de manera virtual, es decir, se ha contactado a través de correo electrónico con cada uno de los expertos de manera independiente. Asimismo, para la cumplimentación de cada una de las rondas se estableció un periodo máximo de un mes.

El primer correo electrónico consistió en una presentación personal del investigador, una breve descripción del estudio desarrollado, una justificación sobre la selección del experto a partir de los criterios establecidos, unas instrucciones sobre la técnica aplicada, la fecha límite para enviar las respuestas, y por último, un archivo adjunto con el cuestionario a cumplimentar por parte del experto.

En cuanto al cuestionario, este consiste en un instrumento donde se recogen todos los ítems originales. En relación a cada ítem hay dos preguntas dicotómicas, que son para valorar la pertinencia y la univocidad; una pregunta de respuesta múltiple de opción única para determinar la importancia del ítem. Y por último, un cuadro de texto para que cada experto escriba las observaciones que considere pertinentes al respecto.

El segundo correo electrónico enviado a los expertos contenía una presentación de los resultados extraídos de la primera ronda, sobre todo, enfatizando los ítems en los que se había generado consenso —tanto positivo, como negativo— y aquellos que presentaban una controversia de opiniones.

El informe de resultados fue por un lado, cuantitativo, en el que se mostraba la media obtenida de cada ítem y su dispersión, tanto en relación a la pertinencia del ítem, como su univocidad y su importancia; y también, un informe cualitativo, a partir del que se analizaban las observaciones descritas en relación a cada uno de los ítems.

Seguidamente, se explicaban las instrucciones para la cumplimentación del siguiente cuestionario, el cual solo contenía aquellos ítems donde existía una controversia. Y por último, también se adjuntaba el cuestionario a cumplimentar por los expertos, junto con la fecha límite para enviarlo.

El tercer correo electrónico fue para enviar la versión definitiva del instrumento de investigación diseñado a partir del consenso generado por todos los expertos participantes en este método Delphi.

Para la cuarta fase de resultados, se expone la tabla de estadísticos correspondiente de la primera ronda (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Estadísticos de la primera ronda de consulta*

Ítem	Pertinencia	Pertinencia	Univocidad	Univocidad	Importancia	Importancia
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
1.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
2.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.71	0.488
3.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.43	0.976
4.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.57	0.787
5.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
6.	1.00	0.000	1.14	0.378	5.00	0.000
7.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.67	0.816
8.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.14	1.215
9.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.29	1.496
10.	1.14	0.378	1.14	0.378	4.29	1.254
11.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.29	1.113
12.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.29	0.951
13.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.29	0.756
14.	1.14	0.378	1.17	0.408	4.67	0.816
15.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.86	0.378
16.	1.00	0.000	1.29	0.488	4.57	0.787
17.	1.00	0.000	1.29	0.488	4.50	0.837
18.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.83	0.408
19.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.83	0.408
20.	1.00	0.000	1.33	0.516	4.50	0.837
21.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.83	0.408
22.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.83	0.408
23.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.83	0.408
24.	1.14	0.378	1.00	0.000	4.43	1.512
25.	1.00	0.000	1.29	0.488	4.71	0.756
26.	1.00	0.000	1.33	0.516	4.33	0.816
27.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.86	0.378
28.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.86	0.378
29.	1.17	0.408	1.17	0.408	4.17	1.602
30.	1.00	0.000	1.43	0.535	4.29	0.951
31.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.71	0.488
32.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.83	0.408
33.	1.14	0.378	1.43	0.535	3.86	1.464
34.	1.00	0.000	1.17	0.408	4.00	1.673
35.	1.14	0.378	1.14	0.378	4.33	1.033
36.	1.14	0.378	1.14	0.378	3.86	1.952

37.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.86	0.378
38.	1.00	0.000	1.14	0.378	3.50	1.761
39.	1.00	0.000	1.14	0.378	4.57	1.134
40.	1.17	0.408	1.00	0.000	4.00	1.265
41.	1.14	0.378	1.14	0.378	3.29	1.799
42.	1.14	0.378	1.14	0.378	4.00	1.414
43.	1.00	0.000	1.14	0.378	5.00	0.000
44.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
45.	1.14	0.378	1.00	0.000	3.71	1.890
46.	1.43	0.535	1.00	0.000	3.86	1.574
47.	1.29	0.488	1.17	0.408	3.86	1.952
48.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.83	0.408
49.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
50.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
51.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.71	0.756
52.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
53.	1.33	0.516	1.33	0.516	3.17	2.041
54.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.33	1.633
55.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
56.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
57.	1.00	0.000	1.17	0.408	5.00	0.000
58.	1.00	0.000	1.20	0.447	4.80	0.447
59.	1.00	0.000	1.17	0.408	5.00	0.000
60.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.71	0.756
61.	1.17	0.408	1.00	0.000	4.50	1.225
62.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.50	1.225
63.	1.17	0.408	1.00	0.000	4.17	1.329
64.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.86	0.378
65.	1.17	0.408	1.17	0.408	4.33	1.633
66.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
67.	1.17	0.408	1.00	0.000	4.50	1.225
68.	1.00	0.000	1.00	0.000	5.00	0.000
69.	1.00	0.000	1.14	0.378	3.86	1.952
70.	1.00	0.000	1.00	0.000	4.83	0.408

Para interpretar la tabla anterior, se tiene que tener en cuenta que las respuestas de pertinencia y univocidad son dicotómicas (sí=1 y no=2). De tal forma, que cuanto más próximo sea el valor de la media a dos puntos, más posibilidades existen de eliminar el ítem. Sin embargo, en relación a la pertinencia de los ítems, no hay ni un solo caso que supere la puntuación de 1.5, lo que supondría la exclusión directa del mismo. La puntuación más alta le pertenece al ítem 46 con una media de 1.43 y una desviación de 0.535. Por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados cuantitativos relativos a la pertinencia se opta por no eliminar ningún ítem.

En relación a la univocidad, sucede igual que en el caso de la pertinencia, puesto que ningún ítem supera la puntuación de 1.5. En cambio, hay dos ítems que tienen una media de 1.43 y una desviación de 0.535; en este caso, son los ítems 30 y 33. De tal forma, se concluye que todos los ítems son claros y se interpretarían con el mismo significado que se recoge en el cuestionario. No obstante, se tienen en cuenta las puntuaciones más altas para hacer una revisión de los mismos.

Por último, en relación a la importancia, teniendo en cuenta que la escala era impar de cinco niveles. Para que un ítem no se considere importante y se deba excluir directamente tendría que tener menos de tres puntos. Sin embargo, tampoco existe ningún caso que esté por debajo de dicha puntuación. Por ello, no se elimina ningún ítem directamente por no ser importante, aunque sí se revisarán aquellos que tienen

una puntuación más próxima a tres, como el ítem 41 ( $\bar{x}=3.29$  y  $\sigma=1.799$ ) o el ítem 53 ( $\bar{x}=3.17$  y  $\sigma=2.041$ ).

Teniendo en cuenta que por pertinencia e importancia no se ha eliminado directamente ningún ítem. Estos se eliminan y modifican atendiendo a las diferentes observaciones anotadas en relación a cada uno de los ítems. Para ello, se expone en la Tabla 20 la relación de ítems según los expertos que hayan realizado algún comentario.

**Tabla 20**

*Relación de ítems y comentarios según especialistas*

Ítem	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total	Comentarios
1.								0	
2.		X			X			2	Modificaciones.
3.				X				1	Eliminar.
4.								0	
5.								0	
6.						X		1	Modificaciones.
7.				X			X	2	Modificaciones.
8.	X				X	X		3	Modificaciones.
9.	X		X			X		3	Modificaciones y agrupar ítems.
10.	X						X	2	Modificaciones.
11.						X		1	Eliminar.
12.	X		X		X		X	4	Modificaciones.
13.						X		1	Modificaciones.
14.	X		X		X			3	Modificaciones.
15.								0	Agrupar ítems.
16.	X	X			X			3	Agrupar ítems.
17.	X	X			X			3	Agrupar ítems.
18.		X			X			2	Agrupar ítems.
19.		X			X			2	Agrupar ítems.
20.	X	X			X			3	Agrupar ítems.
21.		X	X					2	Agrupar ítems.
22.		X						1	Agrupar ítems.
23.	X			X		X		3	Eliminar.
24.								0	
25.	X						X	2	Modificaciones.
26.			X	X				2	Modificaciones y agrupar ítems.
27.								0	
28.	X						X	2	Modificaciones.
29.			X	X				2	Agrupar ítems
30.	X	X						2	Modificaciones.
31.								0	
32.				X				1	Se mantiene.
33.	X	X	X				X	4	Eliminar.
34.			X				X	2	Modificaciones.
35.	X	X						2	Eliminar.
36.	X							1	Modificaciones.
37.	X							1	Se mantiene.
38.	X		X	X				3	Eliminar.
39.	X		X	X				3	Modificaciones.
40.								0	
41.								0	
42.						X		1	Se mantiene.
43.		X			X	X	X	4	Modificaciones.

44.		X			X	X		3	Modificaciones.
45.		X		X		X	X	4	Modificaciones.
46.	X					X	X	3	Modificaciones.
47.					X			1	Eliminar.
48.								0	
49.				X	X	X		3	Agrupar ítems.
50.			X	X				2	Se mantiene.
51.							X	1	Se mantiene.
52.								0	
53.	X		X				X	3	Eliminar.
54.				X			X	2	Eliminar.
55.				X				1	Eliminar.
56.								0	
57.			X	X			X	3	Se mantiene.
58.				X	X	X		3	Modificaciones.
59.			X	X			X	3	Desagrupar ítems.
60.								0	
61.								0	
62.								0	
63.								0	
64.					X			1	Modificaciones.
65.								0	
66.				X			X	2	Modificaciones.
67.				X			X	2	Modificaciones.
68.				X				1	Se mantiene.
69.							X	1	Modificaciones.
70.							X	1	Se mantiene.
Otros	X	X	X					3	Agrupar y eliminar para acortar.

Tras realizar un análisis de los comentarios realizados por los especialistas, se extraen un total de 9 eliminaciones directas, 12 agrupaciones, 1 partición, 25 modificaciones y 8 ítems que se mantienen a pesar de los comentarios.

Una vez valorados los resultados estadísticos y los comentarios de los especialistas, tras la primera ronda se eliminan un total de 16 ítems. Quedándose el cuestionario en 53 ítems. Una vez actualizado el cuestionario, se vuelve a realizar otra ronda de consulta. En este caso, tal y como ya se ha indicado, se envían los informes de resultados, así como un nuevo cuestionario similar al inicial, pero con los ítems del nuevo instrumento, es decir, sin los ítems eliminados y con aquellos agrupados y modificados.

Como respuesta de los especialistas, cuantitativamente tampoco se obtiene ningún resultado destacable que indique la exclusión directa de ningún ítem. A partir de esta segunda ronda de consulta solo se actualiza el enunciado de alguno de los ítems a partir de unos comentarios muy puntuales en 6 ítems por parte de dos revisores.

Finalmente, el instrumento de investigación está constituido por 53 ítems. Su fiabilidad es alta atendiendo al valor Alfa de Cronbach obtenido (.952). El cuestionario se aplica a través de *Google Forms*<sup>25</sup>. Los ítems quedan distribuidos de la siguiente manera según sus dimensiones (Tabla 21).

<sup>25</sup> <https://forms.gle/R5uAh1RQdx1atcGc6>

**Tabla 21***Distribución de los ítems según dimensión, variables y respuesta*

Dimensión	N.º de Ítems	Tipo de variables	Respuestas
Sociodemográfica	11	Catóricas nominales y catóricas ordinales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pregunta con respuesta dicotómica.</li> <li>▪ Preguntas de opción múltiple con respuesta única.</li> <li>▪ Un caso de pregunta abierta con respuesta breve para indicar el nombre del centro educativo.</li> </ul>
Experiencia	23	Catóricas ordinales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escala Likert de frecuencia.</li> <li>▪ Un caso de pregunta abierta con respuesta breve para indicar otras tecnologías utilizadas.</li> </ul>
Satisfacción y necesidades	19	Catóricas ordinales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escala Likert de satisfacción.</li> </ul>

A continuación, en la Tabla 22 se exponen los 11 ítems correspondientes a la dimensión sociodemográfica.

**Tabla 22***Ítems de la dimensión sociodemográfica*

N.º	Ítem	Respuesta
1	Comunidad o Ciudad Autónoma	[Lista desplegable con las 17 Comunidades Autónomas y las 2 Ciudades Autónomas]
2	Nombre del centro educativo	[Texto de respuesta corta]
3	Titularidad de su centro educativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pública</li> <li>▪ Concertada</li> <li>▪ Privada</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
4	Etapa educativa de su centro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Primaria</li> <li>▪ Secundaria</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
5	Edad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menos de 25 años</li> <li>▪ Entre 26 y 35 años</li> <li>▪ Entre 36 y 45 años</li> <li>▪ Entre 46 y 55 años</li> <li>▪ Más de 56 años</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
6	Género	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Masculino</li> <li>▪ Femenino</li> <li>▪ Otros</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
7	Años de experiencia docente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menos de 5 años</li> <li>▪ Entre 6 y 15 años</li> <li>▪ Entre 16 y 25 años</li> <li>▪ Entre 26 y 35 años</li> <li>▪ Más de 36 años</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
8	Años de experiencia haciendo uso del AdF	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menos de 3 años</li> <li>▪ Entre 3 y 5 años</li> <li>▪ Más de 5 años</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
9	Edad media de los estudiantes con los que se hace uso del AdF	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entre 6 y 8 años</li> <li>▪ Entre 9 y 12 años</li> <li>▪ 13 y 14 años</li> <li>▪ 15 y 16 años</li> </ul>
10	Hago uso del AdF en todos los niveles y asignaturas donde imparto clase	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sí</li> <li>▪ No</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>
11	Hago uso del AdF para trabajar todos los contenidos de mis asignaturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sí</li> <li>▪ No</li> <li>▪ NS/NC</li> </ul>

Tras la dimensión sociodemográfica, las dos restantes se basan en escalas Likert. Concretamente, la dimensión de la experiencia (ítems del 12 al 34) es una escala Likert de frecuencia: 1 (nunca), 2 (casi nunca), 3 (ocasionalmente), 4 (casi siempre) y 5 (siempre). Asimismo, la dimensión de la satisfacción y necesidades (ítems del 35 al 53) se basa en una escala Likert de satisfacción con los siguientes niveles: 1 (nada satisfecho), 2 (poco satisfecho), 3 (normal), 4 (satisfecho), 5 (muy satisfecho). En la Tabla 23 se exponen todos los ítems de ambas dimensiones.

**Tabla 23**
*Ítems del resto de dimensiones*

N.º	Ítem	Escala					
12	El alumnado cuenta con una plataforma virtual que puede utilizar fuera del aula.	1	2	3	4	5	NS/NC
13	La agrupación del alumnado se realiza a través de una aplicación digital (inteligencia artificial)	1	2	3	4	5	NS/NC
14	El trabajo con tecnologías que hago en el SLE tiene continuidad fuera del aula por parte del alumnado.	1	2	3	4	5	NS/NC
15	Utilizo la clase magistral en el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
16	Utilizo metodologías activas (Aprendizaje Basado en Proyectos, gamificación, aprendizaje cooperativo, etc. ) en el SLE	1	2	3	4	5	NS/NC
17	A través de la tecnología utilizada en el SLE se crean diferentes rutas o itinerarios de aprendizaje según el nivel de mis estudiantes.	1	2	3	4	5	NS/NC
18	Adapto o personalizo las actividades según las preferencias o necesidades de cada estudiante.	1	2	3	4	5	NS/NC
19	Antes de empezar una nueva unidad, mis estudiantes realizan una evaluación inicial a través de herramientas digitales del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
20	Doy feedback a mis estudiantes tras corregir sus tareas y se lo envío a través de las herramientas digitales del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
21	Al terminar una unidad o proyecto evalúo a mis estudiantes con una evaluación sumativa (examen u otro tipo de prueba) usando la tecnología del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
22	Mis estudiantes autoevalúan su progreso a través de herramientas digitales del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
23	Mis estudiantes se evalúan entre ellos (evaluación por pares) haciendo uso de las tecnologías del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
24	Utilizo diferentes estrategias de evaluación según las necesidades de cada estudiante.	1	2	3	4	5	NS/NC
25	El equipo directivo de mi centro se implica en el diseño y supervisión del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
26	Solicito colaboración a otros docentes del colegio para diseñar e implementar el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC

27	Existe una comunicación con las familias de mis estudiantes a través de la tecnología del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
28	Propongo actividades para que mis estudiantes las desarrollen junto a su familia a través de la tecnología del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
29	Otros agentes externos a la comunidad educativa (diseñadores gráficos, desarrolladores web, asociaciones, etc.) se involucran en el diseño e implementación del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
30	Mis estudiantes tienen diferentes roles en el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
31	En relación a los dispositivos tecnológicos ( <i>hardware</i> ), en el SLE usamos:						
a	La pizarra o pantalla digital interactiva.	1	2	3	4	5	NS/NC
b	Tabletas.	1	2	3	4	5	NS/NC
c	Ordenadores portátiles.	1	2	3	4	5	NS/NC
d	Ordenadores de sobremesa.	1	2	3	4	5	NS/NC
e	Teléfonos móviles.	1	2	3	4	5	NS/NC
f	Libros electrónicos.	1	2	3	4	5	NS/NC
g	Impresoras 3D y/o lápices 3D.	1	2	3	4	5	NS/NC
h	Gafas de realidad virtual.	1	2	3	4	5	NS/NC
i	Relojes o pulseras inteligentes.	1	2	3	4	5	NS/NC
j	Tecnología de apoyo o asistencial (tecnologías adaptadas a discapacidades).	1	2	3	4	5	NS/NC
k	Robótica educativa (Bee-Bot, Dash and Dot, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
l	Cámaras y micrófonos en el aula con un fin educativo.	1	2	3	4	5	NS/NC
m	Sensores de temperatura, humedad, iluminación, calidad del aire, ruido y otros factores ambientales.	1	2	3	4	5	NS/NC
32	En relación al <i>software</i> , en el SLE usamos:						
a	Una plataforma de gestión del aprendizaje (Edmodo, Moodle, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
b	La computación en la nube (Dropbox, Mega, Drive, etc.).	1	2	3	4	5	NS/NC
c	Entornos colaborativos en línea (Google Docs, Padlet, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
d	Sistemas de comunicación virtual (Whatsapp, Telegram, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
e	Redes sociales (Facebook, TikTok, Twitter, Instagram, etc.).	1	2	3	4	5	NS/NC
f	Aplicaciones de videoconferencias (Meets, Zoom, etc.).	1	2	3	4	5	NS/NC
g	Herramientas digitales para diseñar contenidos (Genially, Canva, Prezi, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
h	Aplicaciones para crear cuestionarios (Kahoot, Google Forms, Typeform, etc.)	1	2	3	4	5	NS/NC
i	Aplicaciones de realidad aumentada.	1	2	3	4	5	NS/NC
j	Analíticas de aprendizaje o <i>Big Data</i> .	1	2	3	4	5	NS/NC
k	Aplicaciones de Inteligencia Artificial (personalización de contenidos, chatbots, etc.).	1	2	3	4	5	NS/NC
33	En relación a las tecnologías para conectar el SLE usamos:						
a	Wi-Fi	1	2	3	4	5	NS/NC
b	Ethernet	1	2	3	4	5	NS/NC
c	5G	1	2	3	4	5	NS/NC
d	Bluetooth	1	2	3	4	5	NS/NC
e	Tecnología GPS (context awareness)	1	2	3	4	5	NS/NC
f	Tecnología de radiofrecuencia (RFID)	1	2	3	4	5	NS/NC
g	Existe una interconexión entre la tecnología utilizada (Internet de las cosas).	1	2	3	4	5	NS/NC
34	Otra tecnología utilizada en el SLE que no se haya mencionado anteriormente (a nivel de hardware, software o de conexión).						(Indique cuál y su frecuencia de uso)
35	La motivación de mis estudiantes al trabajar en un SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
36	La utilidad del SLE para promover el aprendizaje entre mis estudiantes.	1	2	3	4	5	NS/NC
37	La colaboración entre estudiantes gracias al SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
38	La atención a la diversidad que se da gracias al SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC



39	Las metodologías y estrategias que utilizo	1	2	3	4	5	NS/NC
40	La continuación que las actividades tienen fuera del aula por parte del alumnado.	1	2	3	4	5	NS/NC
41	El sistema de evaluación que utilizo presencialmente.	1	2	3	4	5	NS/NC
42	El sistema de evaluación que utilizo virtualmente.	1	2	3	4	5	NS/NC
43	El mobiliario y los espacios físicos del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
44	El equipamiento tecnológico (hardware) del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
45	Las aplicaciones digitales (software) que utilizamos en el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
46	La calidad de conexión a internet en el aula del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
47	El uso seguro y eco-responsable que hacen los estudiantes con la tecnología.	1	2	3	4	5	NS/NC
48	El conocimiento y uso que hacen los estudiantes de las recomendaciones para mantener una higiene postural con la tecnología.	1	2	3	4	5	NS/NC
49	La colaboración con otros compañeros para desarrollar el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
50	La colaboración con el equipo directivo para desarrollar el SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
51	La comunicación que existe con las familias a través de la tecnología del SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC
52	Los modelos y guías que tengo disponibles para diseñar propuestas didácticas basadas en los SLE (no contestar en caso de no tener ningún recurso para el diseño de los SLE).	1	2	3	4	5	NS/NC
53	La formación que tengo sobre SLE.	1	2	3	4	5	NS/NC

## 5. Fases y Procedimiento

Esta Tesis Doctoral se ha desarrollado durante cinco cursos académicos, iniciándose en octubre de 2018 hasta septiembre de 2023. Principalmente, todo el proceso de investigación se ha dividido en cuatro fases: fase de investigación documental, fase de diseño del modelo, fase de estudio exploratorio y fase final de conclusiones y redacción del informe. A continuación, en la Tabla 24 se exponen las diferentes actividades que se han ido desarrollando en cada una de las fases mencionadas.

**Tabla 24**

*Fases de investigación de la Tesis Doctoral*

### Fase I. Fase de investigación documental

- Concreción del Plan de Tesis.
- Búsqueda bibliográfica inicial en torno al género y las tecnologías digitales en educación.
- Argumentación básica sobre SLE.
- Diseño del proceso sistemático para identificar y analizar propuestas educativas apoyadas en tecnologías para trabajar el género.
- Aplicación de una revisión sistemática sobre género y tecnologías digitales orientada a las etapas de la educación formal.
- Análisis cualitativo empleando el programa informático *Atlas.ti* para codificar las iniciativas desarrolladas.
- Diseño de un marco sistemático para analizar la relevancia que tiene la inclusión en los SLE.
- Aplicación de una revisión sistemática para identificar la presencia tecnológica en los SLE con el fin de flexibilizar y adaptar el proceso de enseñanza.
- Análisis cualitativo partir de la codificación y categorización en *Atlas.ti* de las citas extraídas de los documentos filtrados.

#### Fase II. Fase de diseño del modelo

- Identificación de definiciones y modelos de SLE.
- Codificación y análisis de las definiciones mediante el programa informático *NVIVO*.
- Elaboración de una nueva definición de SLE que integre todas las categorías extraídas.
- Análisis de las dimensiones de diversos modelos de SLE con el programa informático *NVIVO*.
- Diseño de un nuevo modelo de SLE con orientación práctica y a partir del análisis realizado.
- Validación del modelo originado a través de un juicio de expertos.

#### Fase III. Fase de estudio exploratorio

- Argumentación sobre las iniciativas europeas y españolas de Aula del Futuro.
- Diseño de un cuestionario *ad hoc* basado en el modelo original de SLE para extraer datos empíricos de la puesta en práctica de las AdF españolas.
- Validación del instrumento de investigación a través de un método Delphi de dos rondas.
- Selección de la muestra y aplicación del cuestionario de manera virtual.
- Análisis cuantitativo de datos a través del programa informático *SPSS*. Utilización de estadísticos, así como de diferentes pruebas estadísticas para realizar las correlaciones entre variables.

#### Fase IV. Fase de conclusiones y redacción del informe

- Contraste de los resultados extraídos de las AdF españolas respecto a las teorías y principios de los SLE.
- Identificación de las diferencias entre ambos espacios educativos con el fin de establecer las futuras líneas de intervención en los centros educativos.
- Definir las limitaciones de todo el proceso de investigación de la Tesis Doctoral, así como las nuevas propuestas prospectivas.
- Redacción del informe de Tesis Doctoral y depósito de la misma.

---

Asimismo, en la Figura 18 expone el cronograma de trabajo seguido para esta tesis doctoral.

**Figura 18**

*Cronograma de trabajo de la tesis doctoral*

Cronograma de la Tesis Doctoral												
2018										OCT	NOV	DIC
										Elaboración del primer Plan de Tesis y búsqueda inicial		
2019	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Búsqueda bibliográfica inicial y argumentación básica			Revisión sistemática y redacción Art 1: educación de la igualdad de género y tecnologías digitales					Envío Art. 1	Revisión sistemática: SLE y atención a la diversidad (Art.2)		
2020	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Redacción Art. 2		Envío Art. 2 y Cap. 1	Búsqueda bibliográfica sobre modelos y definiciones de SLE			Análisis de datos, diseño del modelo/concepto y su validación			Redacción Art. 3		
2021	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Envío Art. 3	Profundización teórica sobre las AdF, los SLE y las tecnologías avanzadas relacionadas (IA, IoT, etc.)				Plan investigación SLE Portugal		Análisis de las AdF portuguesas				
2022	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Redacción Art. Extra (Portugal)		Diseño instrumento de investigación y selección muestra			Validación del instrumento		Diseño <i>Google Forms</i> y aplicación		Análisis datos	Redacción Art. 4 y Art. 5	
2023	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP			
	Envío Art. 5	Envío Art. 4	Redacción del informe de Tesis y depósito					Ensayos	Lectura de Tesis			

## 6. Ética de la investigación

En primer lugar, se debe destacar que la Comisión Ética de Investigación de la Universidad de Murcia emitió un informe favorable sobre la memoria de trabajo de la presente tesis doctoral. Concretamente, fue emitido en noviembre de 2022 (Figura 19).

Figura 19

Informe de la comisión ética

Firma: JAMIE MOJUEL PERIS BIEDA. Fecha-hora: 17/01/2023 09:45:19. Emisor del certificado: CN=AC FNMT-UR, OU=Univ. de Murcia, O=FNMT-UR, C=ES. Firma: MARIA SENENA CORBALAN GARCIA. Fecha-hora: 18/11/2022 09:05:02. Emisor del certificado: CN=CA SIBDI, SERIAL=NUMERALSERTSER, OU=QUALIFIED CA, O=SYSTEMAS INFORMATICOS ABIERTOS SOCIEDAD ANONIMA, C=ES.	 <b>INFORME DE LA COMISIÓN DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA</b>
<p>Jaime Peris Riera, Catedrático de Universidad y Secretario de la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia,</p> <p>CERTIFICA:</p> <p>Que D. Pedro Antonio García Tudela ha presentado la memoria de trabajo de la Tesis Doctoral titulada "<i>Entornos inteligentes de aprendizaje: análisis y diseño de propuestas didácticas para la igualdad de género</i>", dirigida por D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Paz Prendes Espinosa y D<sup>a</sup> Isabel M<sup>a</sup> Solano Fernández a la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia.</p> <p>Que dicha Comisión analizó toda la documentación presentada, y de conformidad con lo acordado el día veintinueve de noviembre de dos mil veintidós<sup>1</sup>, por unanimidad, se emite INFORME FAVORABLE, desde el punto de vista ético de la investigación.</p> <p>Y para que conste y tenga los efectos que correspondan firmo esta certificación con el visto bueno de la Presidenta de la Comisión.</p> <p style="text-align: center;">V<sup>o</sup> B<sup>o</sup> LA PRESIDENTA DE LA COMISIÓN DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA</p> <p style="text-align: center;">Fdo.: María Senena Corbalán García</p> <p style="text-align: center;">ID: 4213/2022</p>	
<p><sup>1</sup>A los efectos de lo establecido en el art. 19.5 de la Ley 40/2015 de 1 de octubre de Régimen Jurídico del Sector Público (B.O.E. 02-10), se advierte que el acta de la sesión citada está pendiente de aprobación</p>	



Código seguro de verificación: RUxFMol7-6kHFUXm/-yQvMB44E-pjvWQghk

COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 1

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>

Por otro lado, a la hora de aplicar el cuestionario a la muestra, al inicio se adjunta una sección informativa para los participantes. Concretamente, además de la introducción al instrumento, también se expone la declaración del consentimiento informado.

*Estimada/o docente:*

*Con motivo de su participación en un Aula del Futuro, ha sido seleccionado para participar en este cuestionario diseñado y validado por personal investigador de la Universidad de Murcia. A través del mismo se pretende conocer la experiencia desarrollada en su centro educativo, así como su grado de satisfacción con la misma.*

*Posiblemente, en su centro también puedan denominar el Aula del Futuro como: entorno inteligente de aprendizaje, aula inteligente, I-Classroom, y similares.*

*Agradecemos su colaboración y su sinceridad en las respuestas. Completar todas las preguntas del cuestionario le supondrá un tiempo máximo de 10 minutos.*

*Si desea cualquier información adicional puede escribir un correo a Pedro Antonio García Tudela ([pedroantonio.garcia4@um.es](mailto:pedroantonio.garcia4@um.es)). Asimismo, al final del cuestionario puede elegir si desea recibir información sobre los resultados de esta investigación.*

*Muchas gracias por su participación.*

*El cuestionario es totalmente anónimo y confidencial, y los datos personales serán tratados con absoluta discreción, así como la información que nos proporcione, con todas las garantías de la ley 15/1999 de 13 de diciembre.*

*Doy mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto.*

De manera complementaria al informe de la comisión de ética y del consentimiento informado para los participantes del cuestionario de esta tesis doctoral, también se han contemplado diversas iniciativas comprometidas con la ciencia abierta. Estas son:

- Publicación en abierto de todos los artículos derivados de esta tesis doctoral.
- Publicación de la base de datos generada en el repositorio institucional. De esta forma se persigue promocionar el acceso abierto a los datos y que estos sean localizables, accesibles, interoperables y reutilizables.
- Protección de todos los datos publicados para garantizar el anonimato.
- Difusión directa de los resultados extraídos de esta tesis doctoral a los centros educativos que han participado en esta investigación.

## Capítulo IV. Resultados

“Una cosa es una cosa y no lo que se dice de esa cosa”

Birdman (2014)

## 1. Artículo I

Título del artículo	Igualdad de género y TIC en contextos educativos formales: una revisión sistemática
Revista	Comunicar Año 2020 Volumen 28 Número 63
DOI	<a href="https://doi.org/10.3916/C63-2020-01">https://doi.org/10.3916/C63-2020-01</a>
Autores por orden de firma	Prendes-Espinosa, María Paz <sup>1</sup> García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel María <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	1. Analizar el impacto académico de la educación sobre igualdad de género a través de las TIC, así como su posible vinculación a los SLE.
Objetivos específicos de la tesis relacionados	1.1. Identificar las propuestas didácticas publicadas según las diferentes etapas educativas formales. 1.2. Describir las experiencias desarrolladas a partir de las tecnologías empleadas.
Tareas del cronograma de la tesis	Abril — Septiembre 2019
Resumen	Este artículo centra su interés en la igualdad de género, como uno de los objetivos más relevantes del sistema educativo para paliar la violencia de género y combatir los estereotipos. Paralelamente, las TIC se han convertido en una herramienta educativa muy importante en una sociedad digital como la que vivimos. En torno a estos dos tópicos llevamos a cabo esta investigación cuyo propósito es, a partir de la producción científica de los últimos seis años, analizar las prácticas educativas en contextos formales que trabajen la igualdad de género y las TIC (educación infantil, primaria, secundaria y superior). El diseño de investigación es una revisión sistemática, sustentada en la declaración PRISMA y la estrategia PICoS y usando el periodo de búsqueda 2013-2019. Tras el proceso de filtrado de un total de 90 documentos, se han encontrado 18 trabajos que contemplan ambos tópicos de estudio (género y TIC). Se ha realizado un análisis de contenidos apoyado en redes semánticas, usando para ello Atlas.ti v.8. Entre los principales resultados, destacamos que la mayoría de buenas prácticas en los diferentes niveles educativos se relacionan con la utilización de la web 2.0. y con las competencias STEM. Por último, se recomienda el diseño de propuestas que trabajen el género a través de las TIC, siendo la «smart classroom» una sugerencia de interés que forma parte de las pedagogías emergentes.

## 2. Artículo II

Título del artículo	<i>Smart Learning Environments</i> y ergonomía: una aproximación al estado de la cuestión
Revista	<i>Journal of New Approaches in Educational Research</i> Año 2020 Volumen 9 Número 2
DOI	<a href="https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562">https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562</a>
Autores por orden de firma	García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Prendes-Espinosa, María Paz <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel María <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	2. Analizar el estado de desarrollo de los SLE.
Objetivo específico de la tesis relacionado	2.1. Identificar y analizar las definiciones y modelos propuestos sobre SLE.
Tareas del cronograma de la tesis	Octubre 2019 — Marzo 2020
Resumen	<p>La tecnología educativa se ve de forma continua transformada en función de las tecnologías innovadoras que vamos incorporando, pero siempre con la vista puesta en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. Para ello, los Smart Learning Environments (SLE) se convierten en una alternativa óptima a la enseñanza tradicional, puesto que a través de la ergonomía se brinda una perspectiva inclusiva que mejorará la experiencia educativa de cualquier estudiante. Por lo tanto, el principal objetivo de este trabajo consiste en realizar un análisis del estado del arte en relación con la ergonomía, la inclusión y los SLE. El método utilizado se basa en una revisión sistemática de literatura que nos ha permitido analizar en profundidad una muestra final de 19 documentos tras una revisión inicial de 633, habiendo sido todos los trabajos publicados entre 2013 y 2019. El análisis de los resultados se realiza a través de una red semántica generada con atlas.ti. v.8, a partir de la cual se extraen 3 categorías, 10 códigos y 33 citas. Principalmente, los resultados reflejan el carácter emergente de la línea temática investigada y cómo la ergonomía se relaciona con la inclusión y se posiciona como uno de los principales componentes para diseñar una propuesta educativa basada en los SLE</p>



### 3. Capítulo I

Título del capítulo	Entornos inteligentes de aprendizaje como espacios para promover la igualdad de género
Libro	Haciendo camino. Una mirada a la investigación en Tecnología Educativa.
Editorial	Octaedro
Año de publicación	2020
Autores por orden de firma	García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Prendes-Espinosa, María Paz <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel María <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	1. Analizar el impacto académico de la educación sobre igualdad de género a través de las tecnologías digitales, así como su posible vinculación a los SLE. 2. Analizar el estado de desarrollo de los SLE.
Objetivo específico de la tesis relacionado	1.2. Describir las experiencias desarrolladas a partir de las tecnologías empleadas. 2.1. Identificar y analizar las definiciones y modelos propuestos sobre SLE.
Tareas del cronograma de la tesis	Abril 2020 — Enero 2021

**4. Artículo III**

Título del artículo	<i>Smart learning environments: a basic research towards the definition of a practical model</i>
Revista	<i>Smart Learning Environments</i> Año 2021 Número 8
DOI	<a href="https://doi.org/10.1186/s40561-021-00155-w">https://doi.org/10.1186/s40561-021-00155-w</a>
Autores por orden de firma	García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Prendes-Espinosa, María Paz <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel María <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	2. Analizar el estado de desarrollo de los SLE.
Objetivo específico de la tesis relacionado	2.1. Identificar y analizar las definiciones y modelos propuestos sobre SLE. 2.2. Diseñar un modelo de SLE transferible a cualquier etapa educativa.
Tareas del cronograma de la tesis	Abril 2020 — Enero 2021
Abstract	This paper is basic research focused on the analysis of scientific advances related to Smart Learning Environments (SLE). Our main objective is to single out the common aspects to propose a new definition which will constitute the starting point to design an innovative model which we can apply to the analysis of real cases and good practices. For this, we have proposed a qualitative methodology that has been implemented in two phases: on the one hand, a documentary analysis of the existing definitions for SLE using the NVIVO program (frequency of words, coding and cross-references) and, on the other, an expert judgement by means of the Delphi method in order to validate the proposed model. The main results are reflected in the coalescence of a new definition of SLE and the proposal of the model entitled SLE-5. With the present research, we have been able to provide a model, defined in five dimensions and other key elements in SLE such as ergonomics and learning analytics, which transcends the technological-pedagogical gap of the SLE and offers a framework for the design and analysis of didactic proposals based on this model.

## 5. Artículo IV

Título del artículo	Aula del Futuro en España: un análisis desde la perspectiva docente
Revista	Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación Año 2023 Número 67
DOI	<a href="https://doi.org/10.12795/pixelbit.98627">https://doi.org/10.12795/pixelbit.98627</a>
Autores por orden de firma	García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Prendes-Espinosa, María Paz <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel María <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	3. Analizar la implementación de las AdF en España.
Objetivo específico de la tesis relacionado	3.1. Describir cómo se están utilizando las AdF en el contexto educativo español. 3.2. Identificar las tecnologías utilizadas en estas AdF. 3.3. Analizar la satisfacción profesional y las necesidades que existen en relación al diseño, la implementación y los resultados de las AdF.
Tareas del cronograma de la tesis	Febrero 2021 — Febrero 2023
Resumen	<p>La progresiva integración de las tecnologías digitales en el contexto educativo ha propiciado el desarrollo de iniciativas en las que se reestructura el espacio escolar y se plantean modelos de enseñanza innovadores. Un caso concreto a nivel europeo son las Aulas del Futuro, las cuales se han extendido por diversos países y entre ellos España, que es nuestro contexto de investigación. Dada la novedad de esta experiencia se ha planteado un estudio cuantitativo exploratorio y diseño de encuesta. Se ha diseñado un cuestionario ad hoc que ha sido respondido por una muestra participante de 66 docentes que enseñan en Aulas del Futuro españolas. El análisis de datos es descriptivo y correlacional. Los resultados apuntan a que en estas aulas se utilizan principalmente metodologías activas, las evaluaciones que se realizan son mayoritariamente formativas y se emplean diversas tecnologías digitales como recursos de enseñanza (diferentes en Primaria y Secundaria). Se detecta una satisfacción generalizada del profesorado en torno a todas las dimensiones analizadas. Se concluye que existen numerosos resultados positivos, a pesar del carácter emergente de la propuesta y del consiguiente esfuerzo técnico y pedagógico que conlleva implementar este tipo de iniciativas.</p>

**6. Artículo V**

Título del artículo	<i>The Spanish experience of future classrooms as a possibility of smart learning environments</i>
Revista	<i>Heliyon</i> Año 2023 Volumen 9 Número 8
DOI	<a href="https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18577">https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18577</a>
Autores por orden de firma	García-Tudela, Pedro Antonio <sup>1</sup> Prendes-Espinosa, Paz <sup>1</sup> Solano-Fernández, Isabel M. <sup>1</sup> <sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)
Objetivo general de la tesis relacionado	4. Identificar las similitudes y las diferencias de las AdF implementadas en España respecto a las teorías y aproximaciones de los SLE.
Objetivo específico de la tesis relacionado	4.1. Comparar las AdF implementadas en España respecto a los principios y las teorías de los SLE. 4.2. Contrastar las tecnologías utilizadas en las AdF y los SLE. 4.3. Justificar las posibilidades de estos entornos educativos emergentes para la enseñanza de la igualdad de género.
Tareas del cronograma de la tesis	Febrero 2021 — Febrero 2023
Abstract	Developing advanced technologies and their integration into educational spaces generates new training opportunities. Examples of these are Future Classrooms (FC) and Smart Learning Environments (SLE), two concepts linked to educational innovation through technology but also have their differences. This paper aims to identify the similarities and differences between FC developed in the Spanish formal educational context concerning the theory of SLE. This study follows an exploratory research methodology using an ad hoc questionnaire applied transversally to a representative sample of teachers involved in the SLE (N = 66). SPSS V. 28 software was used. In relation to the results, some statistics (mean, standard deviation, kurtosis and skewness) were used to analyse the developed FC practices and professional satisfaction. In conclusion, the FC are at an initial stage of development in Spain, and although they could represent an approximation to what would be the practical basis of SLE, there are still several aspects to be developed, especially in relation to the technologies used and the dimension of attention to diversity. In relation to SLE technologies, they are related to the automation of certain processes and include artificial intelligence, learning analytics and sensors, among others. On the other hand, these technologies are not widely

used in the FC, and the use of other more conventional technological resources, such as interactive whiteboards, online collaborative environments, LMS platforms, etc. In terms of attention to diversity, despite the existence of initiatives to personalise the learning experience in FC, assistive technologies are not considered, nor is automatic personalisation through certain SLE technologies.

## Capítulo V. Conclusiones

“Cuanto más difícil es hacer algo, mayor es la recompensa que te espera al final”

Big Fish (2003)

## 1. Conclusiones generales

Los resultados extraídos en esta tesis doctoral han posibilitado el alcance de todos los objetivos planteados. Por ello, a continuación, se exponen las conclusiones en relación a sus objetivos generales y sus artículos de referencia.

### 1.1. Objetivo I: Analizar el impacto académico de la educación sobre igualdad de género a través de las TIC, así como su posible vinculación con los SLE

El desarrollo de actitudes discriminatorias por razones de género y la perpetuación de estereotipos han sido dos fenómenos que se han visto fomentados con el desarrollo de las tecnologías digitales en el seno de las sociedades (Del Prete y Pantoja, 2022; Francisco y Felmler, 2022). Por tanto, paliar la violencia de género, así como combatir el establecimiento de estereotipos desde programas educativos o iniciativas que contemplen la tecnología se ha vuelto una prioridad por parte de la comunidad educativa internacional (UNESCO, 2023). Por todo ello, con el **Artículo I** se identifican y describen algunas de las experiencias que han sido aplicadas y evaluadas en diferentes contextos de la educación formal.

Principalmente, en los resultados destaca una tendencia hacia la publicación de iniciativas de género en los últimos años. Posiblemente, porque se haya visibilizado en mayor medida la problemática comentada y exista una mayor implicación tanto social, como institucional (Evans, 2023).

Por otro lado, de las cuatro etapas educativas formales analizadas, la que presenta un mayor número de resultados es la Educación Secundaria. Probablemente, este fenómeno se podría dar por dos razones: en primer lugar, porque son estudiantes que suelen hacer un mayor uso autónomo de la tecnología en su tiempo libre. De tal forma, que se incrementa considerablemente el riesgo a desarrollar actitudes inapropiadas en red (Gargano et al., 2022; Ojeda et al., 2023). Y en segundo lugar, porque es la etapa educativa previa a elegir el futuro académico, y teniendo en cuenta la proporción tan baja que existe de la población femenina en carreras STEM (Delaney y Devereux, 2019), pues se busca su incentivación en mujeres jóvenes en edad de escoger un itinerario formativo.

De manera general, en todas las etapas analizadas existen iniciativas que contemplan contenidos STEM en sus programaciones educativas con el objetivo de visibilizar las posibilidades de la mujer en la ciencia, la tecnología y las matemáticas. Asimismo, es un hecho a destacar que no existan grandes diferencias entre los recursos que se implementan en las diferentes etapas. Tal y como se aprecia, existe una tendencia a utilizar videojuegos; aplicaciones digitales; plataformas para la comunicación y la colaboración entre iguales, tales como las redes sociales, los blogs o los foros. Y todo ello, desde una perspectiva de concienciación para eliminar estereotipos de género y también, para dar visibilidad a los grados universitarios técnicos entre la población femenina e incentivar su participación.

Ante el bajo número de iniciativas publicadas, cabe afirmar que la formación en torno a contenidos y valores propios de la igualdad de género es pertinente que se realice desde entornos digitales y aplicaciones que resulten familiares para el alumnado en cuestión, puesto que de esta forma aprecian cómo se puede utilizar ciertos recursos como videojuegos o aplicaciones móviles, así como redes sociales con otros fines y educar a partir de las mismas. En este sentido, son diferentes iniciativas las que se han desarrollado a través de redes sociales, como la deconstrucción de roles de género a partir del análisis de memes publicados en internet (Dundes, 2023), el movimiento social *#MeToo* para denunciar la agresión y el acoso sexual a través de dicho *hashtag*

(Jayoung, 2023), entre otras, que pueden ser una gran posibilidad para la concienciación juvenil.

Tal y como se recoge en el **Capítulo I**, un horizonte en materia de coeducación es desarrollar proyectos extendidos en el tiempo, y no únicamente actuaciones puntuales a modo de semanas temáticas, días célebres, etc., puesto que lo interesante es que la comunidad educativa sea consciente de la cultura escolar para desplegar una mirada reflexiva y cambiar aquellos ámbitos inapropiados, como jerarquías, lenguaje, relaciones, etc. (Tomé, 2017). En el caso de esta investigación se han identificado diferentes propuestas que comprenden diversas actuaciones durante un largo periodo de tiempo. Sin embargo, no se han encontrado proyectos interdisciplinares y que se desarrollen haciendo uso de una amplia gama de recursos tecnológicos.

Además, tal y como se ha expuesto, los contenidos sobre los que tratan las iniciativas son directamente las STEM, o también, los roles de género, pero no otros contenidos que aborden de manera explícita la materia de igualdad, como podrían ser los derechos y las políticas para la no discriminación por género, los hitos históricos de la mujer a lo largo de la historia, la desigualdad y la violencia de género, el sexismo mediático, e incluso, otros contenidos totalmente vinculados a la igualdad, como la diversidad afectivo sexual, la diversidad familiar, entre otros.

De manera generalizada, el trabajo en torno a las STEM es una prioridad de muchas iniciativas implementadas. Sin embargo, existen evidencias que relatan cómo las creencias de género de los docentes de niveles no universitarios pueden influir en sus estudiantes (Collins y Gazeley, 2021; Gansen, 2019). Por ello, se considera de total importancia intervenir en facultades de educación donde se forman los futuros docentes, igual que en otros centros de estudios, como en los sanitarios, donde también existen comportamientos sexistas o intimidación a la pareja (García-Díaz et al., 2020). Y también, llevar a cabo proyectos más amplios donde se aborden todo tipo de contenidos relacionados con la igualdad de género, en diversas etapas y contexto educativos, no solo en aquellos orientados a la ciencia y la ingeniería.

A partir de los resultados extraídos, las necesidades identificadas y la actual digitalización social y educativa, una de las iniciativas que mejor se ajusta a los objetivos perseguidos es el desarrollo de propuestas formativas a través de un SLE o una AdF. Principalmente, porque son entornos que promueven el desarrollo de proyectos y una involucración activa a través de tecnologías. Por lo tanto,

Asimismo, son entornos que provocan una ruptura espacio-temporal con la acción formativa, lo que favorece que exista una transferencia real y práctica de lo aprendido, y que el contenido no solo se aborde de manera única y aislada en el aula.

Asimismo, los SLE ofrecen la oportunidad de llevar a cabo proyectos en materia de igualdad de género, pero desde una perspectiva totalmente adaptable y flexible, puesto que de manera automática, cada estudiante adquiere unas tareas y unos roles según sea su bagaje, sus preferencias y sus necesidades. De esta forma, se estaría abordando la igualdad de una manera integral y ajustada a la realidad de cada estudiante.

En síntesis, con este primer artículo se evidencian que a pesar de las mínimas iniciativas aplicadas y evaluadas sobre la educación en igualdad de género a través de las TIC, la gran mayoría de ellas utilizan los mismos recursos tecnológicos (videojuegos, aplicaciones digitales y plataformas digitales para la comunicación y la colaboración), así como que también se basan en los mismos contenidos (STEM y estereotipos de género). Por el contrario, no se han identificado numerosos proyectos extendidos en el tiempo, ni tampoco, proyectos interdisciplinares o que abordan de manera explícita diversos contenidos propios de la igualdad de género.



Por último, se propone que la opción más conveniente para abordar esta temática de una manera ajustada a la realidad de cada estudiante, así como haciendo uso de una gran diversidad de recursos tecnológicos es a través de una iniciativa de SLE o de AdF.

## 1.2. Objetivo II: Analizar el estado de desarrollo de los SLE

Para el logro de este objetivo se llevaron a cabo dos investigaciones y ambas fueron de naturaleza teórica. Por un lado, el artículo III consiste en una investigación básica o investigación fundamental apoyada en un análisis documental de las definiciones y modelos existentes de los entornos inteligentes. Y también, supone el diseño y la validación de un modelo original de SLE. Por otro lado, el artículo II se basa en una revisión sistemática de la literatura existente para identificar la relación que los SLE guardan con la inclusión educativa.

En primer lugar, a través del **artículo III** se expone una perspectiva panorámica del concepto de SLE, junto también a sus principales modelos teóricos. Entre muchas claves básicas que se han extraído de los SLE, algunas de las más extendidas y que se han tenido en cuenta para el diseño del modelo original son: la experiencia educativa debe desarrollarse tanto en un entorno físico enriquecido con tecnologías, como en un entorno virtual de aprendizaje; la presencia de tecnologías inteligentes o tecnologías avanzadas es fundamental; y también es interesante destacar que siempre debe existir una mirada inclusiva que garantice la adaptación y la flexibilidad.

Tal y como se evidencia en los resultados de esta investigación, existen definiciones puntuales que solo aluden a la experiencia presencial o a la virtual. En cambio, atendiendo a una perspectiva más amplia y extendida de los SLE, estos deben definirse como el producto que surge al combinar un entorno enriquecido con TIC y una experiencia de aprendizaje virtual ubicuo.

A la hora de analizar los modelos teóricos de SLE, se evidencia una clara necesidad, y es su aproximación a la práctica educativa, es decir, un marco de referencia a partir del que tanto se pueda evaluar cualquier práctica de SLE, como también se pueda diseñar una iniciativa para cualquier etapa educativa contemplando todas las dimensiones esenciales. Se buscaba por tanto, la creación de un modelo accesible para toda la comunidad educativa a partir del que se transfieran o divulguen los hallazgos científicos sobre este objeto de estudio.

Diversos modelos de SLE proponen una gran variedad de dimensiones y elementos con difícil transferencia a la práctica. Un caso concreto es el de Liu et al. (2017), este presenta una gran cantidad de elementos (*learning support, learning goal, learning acthods, consisitent teaching logic, reconstruction technique*, entre otros más), que expuestos en su diagrama tampoco favorece el diseño de iniciativas de una manera intuitiva. En otros modelos analizados se han identificado diversos elementos clave ausentes, o también, la falta de orientaciones para aplicar a la práctica los principios teóricos de una manera adecuada. Por todo ello, en este artículo III también se lleva a cabo el diseño y la validación del modelo SLE-5, un instrumento para cualquier profesional educativo a través del que se facilita la creación de cualquier iniciativa basada en estos entornos emergentes o también, para evaluar otras prácticas implementadas desde las dimensiones recogidas.

Nuestro modelo parte de la combinación de los dos entornos educativos comentados, presenciales y virtuales; así como la creación de un eje ergonómico que garantice la perspectiva inclusiva en ambos entornos. A continuación, se presenta de manera secuencial las cinco dimensiones que se deben contemplar, para así favorecer el diseño

lógico de cualquier experiencia. En primer lugar, se encuentra el currículum educativo, puesto que es el punto de inicio de cualquier propuesta didáctica. Siempre se debe partir del marco legislativo y de las políticas educativas oficiales, es decir, se debe llevar a cabo la selección de las competencias, los contenidos y los estándares de evaluación.

Posteriormente, proponemos la selección de estrategias y metodologías para ambos entornos educativos teniendo en cuenta la presencia tecnológica. En tercer lugar, las decisiones en cuanto al sistema de evaluación, donde también se incluye el monitoreo a través de las analíticas de aprendizaje. A continuación, es el momento de determinar los roles educativos según las decisiones que se hayan tomado previamente, es decir, determinar las responsabilidades, los niveles de autoridad, etc. También es el punto en el que se tiene que concretar la participación de otros agentes educativos, como las familias en las etapas educativas obligatorias, el coordinador TIC, entre otros. Y por último, la selección de la tecnología inteligente y otros recursos que tendrá la iniciativa, tanto a nivel de dispositivos (*hardware*), como de programas, plataformas, etc. (*software*). Tras llevar a cabo todas estas decisiones es momento de poner en práctica la propuesta y así evaluar su funcionamiento para tomar las decisiones oportunas.

De manera sintetizada, cabe destacar que a través del artículo III se evidencian algunos de los hallazgos teóricos más extendidos, para así, contrastarlos entre ellos y extraer diversas necesidades. Por lo tanto, con esta investigación se aúna la perspectiva teórica de los SLE y se ofrece un marco de referencia y un concepto más enriquecido, puesto que cuenta con los hallazgos teóricos más relevantes. Además, dicho producto teórico contempla una naturaleza práctica, puesto que el objetivo es facilitar la transferencia de los SEL a cualquier contexto y etapa educativa.

Seguidamente, a través del **artículo II**, el objetivo es profundizar en uno de los elementos más definitorios de los SLE, como es su carácter inclusivo o ergonómico. Tal y como se evidencia en el artículo III, la mirada adaptativa

En términos de optimización de la educación a través de tecnologías avanzadas, son multitud de autores los que señalan la importancia del enfoque inclusivo a través de la personalización y la adaptación de la experiencia educativa. Expresado de otro modo, la educación inteligente pone el foco de atención en la accesibilidad y el desarrollo académico equitativo por parte de todos los estudiantes, independientemente de sus necesidades educativas, su bagaje personal, sus preferencias de aprendizaje y cualquier otra variable que hace de cada estudiante un caso único (Bautista y Borges, 2013, Gao y Li, 2022).

Como principal hallazgo tras el desarrollo de esta investigación teórica, se extrae que la mirada ergonómica o inclusiva de los SLE se concreta a través de los principios de flexibilidad, adaptación y horizontalidad. Para ello, se han identificado diversas propuestas enfocadas en el entorno físico, en el entorno virtual y en ambos. En términos de inclusión en el entorno físico a través de tecnologías, se reconoce el uso de tecnologías asistenciales, recursos digitales adaptables, grandes pantallas interactivas...y también, la instalación de diversos sensores. En cuanto a esta última tecnología mencionada, cabe destacar que en las ciudades inteligentes tienen una elevada presencia para determinados fines, como la medición de la calidad de aire, la afluencia de público, el control de tráfico, entre otras posibilidades (Asri y Janir, 2023; Brandajs y Russo, 2023).

En relación a la dimensión educativa, en la literatura científica de los SLE, los sensores también son una tecnología muy aludida para la monitorización del rendimiento académico, los síntomas fisiológicos en determinados momentos, la

ubicación precisa del estudiante, entre otras variables que pueden ayudar a individualizar la experiencia de aprendizaje (Kausar et al., 2020; Kinshuk y Kumar, 2018). Esta recolección masiva de datos a través de diversos sensores, como micrófonos, cámaras, pulsera o relojes inteligentes... es el complemento fundamental de las analíticas de aprendizaje, puesto que a partir de todos los datos se pueden llevar a cabo ciertas acciones, como predecir el rendimiento del estudiante, la identificación de las principales tendencias y dificultades, la detección de comportamientos inusuales, la agrupación de estudiantes, entre otras posibilidades (Caspari-Sadegui, 2023; Sin y Muthu, 2015).

En cuanto al contexto virtual de los SLE, con esta investigación se halla que se propone tanto el uso de interfaces virtuales, como la comunicación en tiempo real a través de redes sociales.

En primer lugar, en torno a las plataformas virtuales utilizadas, estas deben contemplar el uso de interfaces accesibles y modificables para posibilitar el acceso y la interacción de cualquier estudiante, independientemente de su ubicación o momento. Aspecto totalmente justificado en la literatura científica a través de la ubicuidad que los SLE deben garantizar (Hwang, 2014; Montebello, 2017).

También, deben ser interfaces que permitan el acceso a la información a pesar de cualquier dificultad motora, de visión o audición que puedan presentar los estudiantes. Por ello, se precisa que las interfaces cuentan con sistemas alternativos y aumentativos de comunicación.

En segundo lugar, la comunicación a través de redes sociales para fomentar la horizontalidad también es un principio recogido en la teoría existente de los SLE. Concretamente, de los tres elementos clave de los SLE señalados por Zhu et al. (2016), la conectividad establece la comunicación de todas las personas involucradas, tanto de manera sincrónica, como asincrónica. Aunque al respecto, se debe destacar que existe una amenaza en torno a la comunicación horizontal en tiempo real en los SLE, puesto que debido al desarrollo de la IA, se están comenzando a implementar sistemas de tutoría inteligente a través del procesamiento del lenguaje natural humano, y también, la interacción instantánea de cualquier usuario con un *chatbot* (García-Peña et al., 2020; González-Calatayud et al., 2021).

Y finalmente, en torno a las tecnologías desarrolladas tanto en el entorno presencial, como virtual, destaca la grabación y transmisión de sesiones presenciales.

También el IoT, puesto que tal y como se ha mencionado previamente, para obtener unos datos masivos que permitan la adaptación de la experiencia educativa se necesita una interconexión entre diferentes dispositivos tecnológicos, ya estén únicamente disponibles en el entorno presencial de referencia, como también aquellas tecnologías móviles que el estudiante lleva consigo mismo.

Por último, los itinerarios de aprendizaje individualizados según las necesidades de cada estudiante. Siendo estos un pilar fundamental de los SLE, puesto que favorecen la adaptación a partir de crear diferentes trayectorias o caminos, según sean todos los datos recolectados y analizados por la IA (Sahni, 2023).

En síntesis, con el artículo III se evidencia una aproximación al estado de la cuestión de la ergonomía o el enfoque inclusivo de los SLE, tanto desde su dimensión del entorno presencial, como virtual. Con esta investigación hemos extraído las principales herramientas tecnológicas que se están proponiendo para fomentar la adaptación, la flexibilidad y la horizontalidad en estos entornos educativos emergentes, donde las tecnologías avanzadas tienen una función elemental para promover el aprendizaje adaptativo.

### 1.3. Objetivo III: Estudiar los hallazgos teóricos y prácticos de las AdF en España

Tal y como se comprobó en las investigaciones previas, el desarrollo de los SLE desde su perspectiva práctica no es fenómeno muy extendido en la realidad educativa. Estos entornos son un concepto cuyo interés académico ha crecido en los últimos años, y por tanto, se encuentra en una fase de desarrollo prioritariamente conceptual. Y por consiguiente, todavía no existen suficientes constancias científicas sobre la evaluación de diferentes iniciativas bajo un mismo marco de referencia de SLE, y aún menos en las etapas obligatorias educativas (Primaria y Secundaria).

Por ello, se decide continuar investigando los entornos emergentes enriquecidos con tecnologías, pero poniendo el foco de atención en otra iniciativa también muy novel y con un gran desarrollo en España, es decir, las AdF. A partir del **Artículo IV** se extrae el primer análisis sobre cómo es el estado actual de las AdF en España, qué tecnologías se están empleando y cuál es la satisfacción profesional en torno al empleo de estos entornos.

En el segundo epígrafe del segundo capítulo de esta tesis se expone la trayectoria histórica de la red de AdF, así como su desarrollo teórico y las diferentes iniciativas institucionales a la hora promover estos entornos.

En primer lugar, cabe destacar el carácter emergente de las AdF, puesto que la mayoría de docentes que participan en el estudio reconocen tener menos de tres años de experiencia con dicho entorno. Quedando este hecho justificado por el carácter novedoso de la red oficial de aulas del futuro a nivel europeo (Tena y Carrera, 2017). Además, la mayoría de experiencias analizadas consisten en intervenciones puntuales, y no supone un cambio absoluto en la forma de dar clase diariamente durante todo el curso académico.

Metodológicamente, las AdF analizadas sí que contemplan metodologías activas frente a otras más tradicionales, como las clases expositivas. Principalmente, porque tal y como se justifica en Tena y Carrera (2020), en teorías, las AdF son entornos para el desarrollo competencial de los estudiantes, donde la involucración activa y la colaboración tienen un rol determinante a la hora de la formación de cualquier estudiante. Incluso, la literatura consultada reconoce que son entornos totalmente apropiados y orientados para aplicar sobre todo el aprendizaje basado en proyectos.

A nivel de evaluación, la más utilizada es la formativa, a partir de la que se obtiene una retroalimentación constante que permite el ajuste y la personalización de la experiencia de aprendizaje según los resultados obtenidos. Coincidiendo de esta forma con las herramientas utilizadas en otras experiencias publicadas, como la de Hilario et al. (2022), en la que se utilizan diferentes herramientas digitales que posibilitan la retroalimentación y hacer un seguimiento de la evolución del alumnado, como es el caso de *Padlet*, *Socrative*, *Google Forms*, entre otras.

De una manera más concreta, en términos tecnológicos, aquellos que más se contemplan en las AdF son las PDI, los LMS, la computación en la nube, los entornos colaborativos, la conectividad Wi-Fi, entre otras tecnologías más. Asimismo, también se han hallado algunas correlaciones entre la etapa educativa y las tecnologías empleadas, como por ejemplo el mayor uso de la PDI o las tabletas en Primaria frente a Secundaria.

Por el contrario, no es tan extendido el empleo de impresoras 3D, las analíticas de aprendizaje, los programas de IA, los relojes inteligentes, entre otros recursos. Incluso,

algunos de los recogidos en la literatura publicada o en la web oficial del INTEF<sup>26</sup> no se contemplan ampliamente en la realidad española, como es el caso de las impresoras o lápices 3D, la realidad virtual, los kits robóticos, o incluso, los sensores (Pelayo, 2021; Olmos y Pardo, 2019).

Los principales agentes impulsores de las AdF son los profesionales que conforman el equipo directivo, lo cual coincide con los hallazgos de otros trabajos similares, que también reconocen a la dirección del centro como principales promotores de programas de innovación a través de tecnologías (Fernández y Prendes, 2021).

En términos generales de satisfacción, todo el profesorado reconoce la utilidad que tienen estos entornos para el desarrollo competencial del alumnado, la motivación que despierta en los estudiantes y también, el fomento de la colaboración entre iguales. Por el contrario, las prácticas que menos satisfacción generan y por tanto, se convierten en necesidades prioritarias de las AdF son el uso seguro, eco-responsable, la higiene postural al utilizar tecnología, y también, tanto la mejora de la conectividad inalámbrica, como el desarrollo de acciones formativas permanentes para el profesorado involucrado en estos entornos.

En síntesis, a través de este artículo se analiza el impacto que está teniendo el desarrollo de nuevos entornos educativos para afrontar los desafíos actuales relacionados con el uso competente de recursos tecnológicos. Principalmente, destaca el empleo de metodologías activas, evaluaciones formativas, y el empleo de diferentes recursos tecnológicos, como PDI, LMS y otras tecnologías extendidas hasta el momento en los diferentes contextos educativos. Sin embargo, apenas se hace uso de otras tecnologías avanzadas, como la IA, la RV, las analíticas de aprendizaje, entre otras. Asimismo, destaca una elevada satisfacción por parte de los docentes involucrados en torno a la implementación de las AdF en el contexto educativo español.

#### **1.4. Objetivo IV: Identificar las similitudes y diferencias de las AdF implementadas en España respecto a las teorías y aproximaciones de los SLE. Así como sus posibilidades para la educación de la igualdad de género**

Tanto las AdF como los SLE se definen como entornos donde la tecnología tiene una función primordial para la enseñanza. Asimismo, a través de ambos se promueve el cambio de percepción educativa, donde se desarrolle una práctica activa y totalmente relacionada con las demandas actuales de aprendizaje. Por todo ello, a partir del **Artículo V** se expone un análisis de cuáles son las principales diferencias y semejanzas entre la red de AdF extendida en España y los principios teóricos de los SLE. Para de esta forma determinar si las AdF podrían ser los entornos predecesores de los SLE en España.

En primer lugar, atendiendo a la literatura existente y a los resultados extraídos de investigaciones previas, se extrae que los SLE se enmarcan en el b-learning, mientras que las AdF suelen ajustarse más a los estándares de una educación presencial enriquecida con tecnologías, tal y como se justifica con las aulas divididas en zonas (Hilario et al., 2022; Pelayo, 2021). A pesar de ello, se extrae que las AdF son entornos que también contemplan la utilización de recursos digitales para la virtualización de la enseñanza, como el empleo de LMS o entornos virtuales de colaboración. Asimismo, también se afirma que el alumnado suele continuar virtualmente con el trabajo realizado en el aula presencial. De esta forma, cabe afirmar que aunque la naturaleza teórica de los SLE es semipresencial, las AdF también tienden a esta modalidad, aunque no de

<sup>26</sup> <https://auladelfuturo.intef.es/que-es-el-aula-del-futuro/>

una manera tan explícita, sino que el trabajo virtual se presenta como un complemento del presencial.

Independientemente del uso que se haga del entorno virtual y del entorno presencial en ambos casos, sí que se reconoce el diseño de la actividad educativa desde la implementación de metodologías activas. De tal forma, es un punto en común entre AdF y SLE, puesto que estos últimos también se contempla el ABP, la gamificación, entre otras metodologías (Cebrián et al., 2020; Kaimara et al., 2021). En este punto también se debe reconocer, que aunque no sea de manera extendida, en las AdF españolas se reconoce el desarrollo puntual de ciertas clases magistrales o expositivas.

Tal y como se ha podido comprobar, las AdF también son entornos donde destaca el interés por atender a la diversidad y ofrecer a los estudiantes unos entornos flexibles. Incluso, al respecto existe un alto grado de satisfacción generalizado por parte del profesorado involucrado en el estudio. Sin embargo, a diferencia de los SLE, en las AdF analizadas no se contemplan unas medidas automáticas de personalización, flexibilidad y horizontalidad a través de tecnologías avanzadas, como son la IA, el IoT, las analíticas de aprendizaje, etc. Por ello, en uno de los elementos clave de los SLE, como es la mirada inclusiva, sí que se han detectado ciertas diferencias, sobre todo, tanto en relación a las tecnologías empleadas, como en la forma de personalizar, puesto que los SLE tienden a la individualización de la enseñanza a través de itinerarios únicos de aprendizaje (Punnarumol, 2021; Shemshack et al., 2021).

De esta forma, existen diferencias no solo en la manera que estos entornos abordan la perspectiva inclusiva, sino también en aquellos recursos tecnológicos que se consideran prioritarios para desarrollar la acción formativa en un SLE. Las AdF contemplan sobre todo PDI, tabletas y otros recursos más estandarizados en el contexto educativo español (Area-Moreira et al., 2016), mientras que los SLE proponen la IA, el IoT, los sensores, y otras tecnologías más avanzadas. Incluso, en relación a la conectividad, las AdF utilizan sobre todo la conexión inalámbrica Wi-Fi, mientras que la conexión 5G o la conectividad GPS son minoritarias en dichos entornos, y por el contrario, sí que son señaladas en la teoría de los SLE (Matuska et al., 2023; Rana et al., 2022).

Además, en relación a la evaluación más empleada en los AdF destaca notablemente la evaluación formativa, que implica una retroalimentación constante a partir de diversos instrumentos de evaluación con el objetivo de optimizar el desarrollo educativo del alumnado. De esta forma, cabe destacar que también existe una aproximación en cuanto a uno de los sistemas de medición más empleados en los SLE, como es el empleo de analíticas de aprendizaje para extraer análisis e informes a través de los que comprender y optimizar el proceso de aprendizaje de cualquier estudiante (Kausar et al., 2020).

Por último, en cuanto a las posibilidades de las AdF y los SLE para trabajar la igualdad de género, estos entornos ofrecen la oportunidad de realizar proyectos extendidos en el tiempo tanto focalizando en contenidos STEAM y abordar la igualdad de género de una manera transversal, como a la hora de desarrollar un proyecto totalmente enfocado a contenidos propios de la igualdad.

Independientemente de la opción que se desarrolle, así como del entorno que se utilice, será imprescindible el empleo de diversas tecnologías y metodologías. Desde una perspectiva realista y ajustada al contexto nacional, el desarrollo de propuestas enfocadas a AdF tendría un mayor alcance debido a la familiarización y extensión que comienza a existir respecto a dicho entorno. No obstante, incluir determinados principios y tecnologías en algunas de las AdF más avanzadas para tender a un modelo de SLE

en el que se trabaje la igualdad de género también sería una posibilidad, puesto que como se ha evidenciado, son diversos los puntos en común.

En síntesis, se debe reconocer que entre las AdF y los SLE existen ciertas tendencias que hacen que se aproximen ambos entornos. Algunos ejemplos son la utilización de metodologías activas; el desarrollo del aprendizaje a través de tecnologías; la combinación de lo presencial con lo virtual, y también, la puesta en práctica de evaluaciones constantes en el tiempo para mejorar la acción educativa.

Por el contrario, las principales diferencias oscilan en torno al desarrollo de la perspectiva inclusiva, puesto que los SLE contemplan una adaptación automatizada con la creación de diversos itinerarios de aprendizaje, mientras que las AdF atienden a la diversidad desde una óptica más clásica, como podría ser la flexibilidad de tareas; también existen diferencias en relación a las tecnologías utilizadas, puesto que los SLE hacen uso de tecnologías más avanzadas, como la IA, el IoT, etc.

Por todo ello, cabe afirmar que las AdF sí que podrían ser el origen de los futuros SLE en España, puesto que las AdF son entornos para la innovación educativa a través de la tecnología y presentan diversas conexiones respecto a los SLE.

Además, ambas posibilidades son idóneas para el trabajo directo o transversal de la igualdad de género, aunque actualmente existe una mayor posibilidad de proyección en torno a las AdF debido a su nivel de desarrollo en España.

## 2. Limitaciones

a) Atendiendo al primer artículo teórico que se realizó en el marco de esta tesis doctoral, cabe destacar la antigüedad del periodo temporal sobre el que se buscan las producciones científicas, ya que se establecen los últimos seis años antes de 2019. En cambio, si ahora se emplean los mismos descriptores en la base de datos de Scopus, se aprecia un destacado salto cuantitativo en cuanto a los trabajos publicados desde el año 2019.

Además, con el trabajo realizado no se analiza el impacto de cada una de las propuestas desarrolladas, puesto que solo se conoce de una manera descriptiva la iniciativa desarrollada a partir de los recursos tecnológicos empleados y los contenidos abordados.

b) De manera general, siguiendo las recomendaciones del marco de referencia que se ha tenido en cuenta, en todos los trabajos teóricos se han utilizado las dos bases de datos Scopus y Wos. Sin embargo, a la hora de realizar investigaciones iniciales sobre un objeto de estudio, como es este caso, sería apropiado tener en cuenta también otras fuentes.

Asimismo, en cuanto al proceso metodológico seguido, tras la realización de los diferentes trabajos teóricos, se han identificado nuevos descriptores relacionados con el objeto de estudio correspondiente. Por ejemplo, en relación al primer trabajo, solo se tienen en cuenta cinco descriptores, lo cual puede suponer una limitación a la hora de obtener el mayor número de trabajos posible, puesto que solo se han extraído aquellas publicaciones que se engloban bajo los descriptores más generales de coeducación y TIC.

c) Para el diseño del modelo SLE-5 se ha seguido un riguroso y sistemático proceso de diseño, así como también se ha empleado un método Delphi de varias rondas para su validación. No obstante, cuando el modelo se utilice para diseñar una iniciativa y esta se aplique a un contexto educativo concreto, se pueden extraer algunas propuestas de mejora que enriquezcan este producto teórico.

d) En relación al estudio exploratorio de naturaleza cuantitativa se identifican tres limitaciones. La primera de ellas es en relación a la muestra, puesto que el margen de error se tuvo que ajustar al 10 % atendiendo al número de participantes, dándose así la limitación de no obtener una precisión tan ajustada como si el margen de error fuese inferior.

Además, la muestra invitada es la población existente que cuenta con el sello “centro Aula del Futuro” y pertenece a las etapas obligatorias del sistema educativo español. Es por ello que se han obtenido unos resultados y unas conclusiones desde una perspectiva general, y no ajustada de manera equitativa a ciertas variables, como si el centro educativo es urbano o rural, la titularidad del mismo, etc.

Asimismo, en relación a este estudio, otra limitación sería la única óptica investigada, que es la docente. Con el instrumento diseñado y la investigación desarrollada no se contemplan las miradas de los estudiantes, de las familias, o de otros agentes educativos que estén involucrados en la AdF, como podrían ser los coordinadores TIC, el equipo directivo, e incluso, las administraciones educativas.

e) Atendiendo al objeto de estudio original de esta tesis, es decir, los SLE, a través del cuestionario que se desarrolla se pretende analizar el grado de similitud y diferencia entre dichos entornos y las AdF. Por ello, se emplea un cuestionario principalmente basado en los principios y hallazgos de los SLE. Sin embargo, debido tanto a las numerosas experiencias implementadas en España de AdF, así como al mínimo número de trabajos publicados sobre estos entornos y su implementación, otra limitación es no conocer de manera detallada las prácticas desarrolladas (número y tipo de zonas que hay en el aula, tipo de proyectos propuestos, tipo de agrupación, plataformas utilizadas en la virtualidad, etc.).

### **3. Propuestas de futuro**

Tal y como se ha evidenciado, el desarrollo de los SLE y las AdF es un tema de total actualidad y que progresivamente está adquiriendo una destacada relevancia. A partir de esta tesis doctoral se establece una nueva línea de investigación con numerosas perspectivas para continuar con ella en el futuro.

a) Desarrollo de un estudio teórico con el mismo objeto que el inicial de esta tesis doctoral, pero actualizando la acotación temporal a los últimos cinco años, puesto que tal y como se ha expuesto, es notable el incremento de trabajos que comenzaron a publicarse por año. Con el objetivo de conocer los resultados de las propuestas implementadas para educar la igualdad de géneros a través de las TIC se propone la incorporación de una nueva dimensión a la revisión sistemática sobre el efecto de las iniciativas, o también, en medida de lo posible el desarrollo de un estudio basado en un metaanálisis.

b) En relación a las bases de datos utilizadas para los trabajos teóricos, a la hora de replicar o realizar otros trabajos sobre el objeto de estudio investigado, como mínimo también se propone la incorporación de la base de datos *ERIC (Educational Resources Information Center)*, y en casos donde la publicación sea mínima en las principales bases de datos, también se debería contemplar *Google Académico*, así como la literatura gris que pueda existir sobre dicho problema de investigación.

Además, en cuanto a la limitación señalada de los descriptores, por ejemplo, en el caso del primer trabajo, con la intención de obtener un mayor número de resultados se propone la siguiente búsqueda con sus descriptores y operadores booleanos: [“gender



equality” OR “gender discrimination” OR “gender-based discrimination” OR “gender violence” OR “gender-based violence” OR “gender harassment” OR “gender-based harassment” OR “sexism” OR “sexist” OR “gender stereot\*”) AND [“education” OR “learning” OR “teaching” OR “coeducation”] AND [“ICT” OR “technology” OR “digital tools” OR “digital assets” OR “digital resources”].

c) Una vez diseñadas y ajustadas algunas propuestas didácticas teniendo en cuenta diferentes contextos educativos concretos, sería adecuado llevar a cabo grupos focales o entrevistas a diferentes profesionales de los centros educativos que hayan participado en el diseño de dichas experiencias. Principalmente, con el fin de analizar dificultades y mejoras en relación a las dimensiones y a la secuencia propuesta a través del diagrama de SLE-5.

d) Para futuros estudios cuantitativos sobre la experiencia de AdF en España sería conveniente aplicar una técnica de muestreo por conveniencia o intencionado, para así, crear diferentes segmentos atendiendo a diferentes variables. De la misma forma, sería apropiado ampliar el número de sujetos involucrados en el estudio para minimizar el margen de error y conseguir que este sea del 5 %.

Asimismo, sería apropiado ampliar la perspectiva sobre las AdF y que no solo exista una óptica docente. Por ello, se propone la realización de estudios con grupos focales en la que participen diferentes roles involucrados en el entorno (estudiantes, familias en el caso de Primaria o Secundaria, etc.), y también, llevar a cabo investigaciones cuantitativas con los estudiantes que hayan tenido experiencias en el AdF, tanto para conocer su perspectiva y satisfacción con el entorno, las dificultades encontradas y las habilidades digitales desarrolladas.

e) A partir del número de experiencias existentes, así como de las nuevas aulas que se van incorporando a la red nacional de AdF, sería preciso diseñar, validar y aplicar un nuevo cuestionario cuyos ejes sean las dimensiones de las rúbricas que utiliza el INTEF para conceder el sello de “centro AdF” (espacio AdF; metodologías activas y utilización de tecnologías digitales; uso de AdF y participación docente; e integración en el centro y difusión). De esta forma se podrán conocer detalladamente las similitudes y diferencias entre los casos desarrollados en España.

Además, para terminar y con la perspectiva de continuar esta línea de investigación, una propuesta de futuro totalmente aplicable a la realidad sería el diseño de iniciativas para la educación de la igualdad de género siguiendo el trabajo que se hace en un AdF, es decir, establecer un proyecto con grupos de trabajo heterogéneos en el que tengan que llevar a cabo diversas tareas apoyadas en tecnologías en las diferentes zonas del aula para así alcanzar el objetivo propuesto. De esta forma, también se podría replicar el proyecto en diferentes contextos educativos estableciendo así una iniciativa común, lo cual sería interesante a la hora de extraer resultados comparativos.

Por otro lado, también existe la posibilidad de diseñar un proyecto de investigación con diferentes grupos colaboradores, cuyo objetivo sea el diseño de experiencias de SLE para trabajar la igualdad de género. Para ello, se considera de interés la colaboración del equipo de investigación que dirigió el proyecto *Gender Equality Matters (GEM)*, el cual es el origen de esta tesis doctoral; equipos de investigación de la disciplina tecnológica que tengan experiencia con las tecnologías avanzadas, así como con el concepto de SLE; y también, equipos del campo educativo con trayectoria en la tecnología educativa.

## Chapter VI. Conclusions

“The harder it is to do something, the greater the reward that awaits you at the end.”

Big Fish (2003)

## 1. General conclusions

The results obtained in this doctoral thesis have made it possible to achieve all the objectives. Therefore, the conclusions in relation to its general objectives and its reference articles are set out below.

### 1.1. Objective I: To analyse the academic impact of gender equality education through digital technologies, as well as its possible linkage with SLE

The development of gender discriminatory attitudes and the perpetuation of stereotypes have been two phenomena that have been fostered by the development of digital technologies within societies (Del Prete y Pantoja, 2022; Francisco y Felmlee, 2022). Therefore, alleviating gender-based violence, as well as combating stereotyping through educational programmes or initiatives that include technology, has become a priority for the international educational community (UNESCO, 2023). Therefore, **Article I** identifies and describes some of the experiences that have been applied and evaluated in different contexts of formal education.

Mainly, the results highlight a trend towards the publication of gender initiatives in recent years. Possibly, this is because the aforementioned problems have become more visible and there is greater social and institutional involvement (Evans, 2023).

On the other hand, of the four formal educational stages analysed, the one with the highest number of results is Secondary Education. This phenomenon could probably be due to two reasons: firstly, because these are students who tend to make more autonomous use of technology in their free time. Thus, the risk of developing inappropriate online attitudes increases considerably (Gargano et al., 2022; Ojeda et al., 2023). And secondly, because it is the educational stage prior to choosing an academic future, and taking into account the very low proportion of the female population in STEM careers (Delaney y Devereux, 2019), the aim is to encourage young women of an age to choose an educational pathway.

Generally speaking, in all the stages analysed, there are initiatives that include STEM content in their educational programmes with the aim of making women's possibilities in science, technology and mathematics more visible. It is also noteworthy that there are no major differences between the resources implemented at the different stages. As can be seen, there is a tendency to use video games; digital applications; platforms for communication and collaboration between peers, such as social networks, blogs or forums. And all of this, from an awareness-raising perspective to eliminate gender stereotypes and also to give visibility to technical university degrees among the female population and encourage their participation.

Given the low number of initiatives published, it can be affirmed that training on gender equality content and values should be carried out in digital environments and applications that are familiar to the students in question, as this way they can appreciate how certain resources such as video games or mobile applications, as well as social networks, can be used for other purposes and educate on the basis of them. In this sense, there are different initiatives that have been developed through social networks, such as the deconstruction of gender roles through the analysis of memes published on the internet (Dundes, 2023), the #MeToo social movement to denounce sexual aggression and harassment through this hashtag (Jayoung, 2023), among others, which can be a great possibility for raising awareness among young people.

One of the horizons in terms of coeducation is to develop projects over time, and not just one-off actions such as theme weeks, celebrity days, etc., since the interesting thing is for the educational community to be aware of the school culture in order to take a reflective look and change inappropriate areas, such as hierarchies, language, relationships, etc. (Tomé, 2017). In the case of this research, different proposals have been identified that comprise various actions over a long period of time. However, no interdisciplinary projects have been found that make use of a wide range of technological resources.

Moreover, as mentioned above, the content covered by the initiatives is directly related to STEM or gender roles, but not to other content that explicitly addresses equality, such as rights and policies for gender non-discrimination, historical milestones of women throughout history, gender inequality and violence, media sexism, and even other content that is totally linked to equality, such as affective-sexual diversity, family diversity, among others.

Across the board, STEM work is a priority of many implemented initiatives. However, there is evidence of how the gendered beliefs of teachers at non-university levels can influence their students (Collins y Gazeley, 2021; Gansen, 2019). Therefore, it is considered of utmost importance to intervene in faculties of education where future teachers are trained, as well as in other educational institutions, such as healthcare, where sexist behaviours or partner bullying also exist (García-Díaz et al., 2020). And also, to carry out broader projects that address all types of content related to gender equality, in different educational stages and contexts, not only in those oriented towards science and engineering.

Based on the results obtained, the needs identified and the current social and educational digitalisation, one of the initiatives that best fits the objectives pursued is the development of training proposals through a SLE or an FC. Mainly because they are environments that promote the development of projects and active involvement through technologies. Moreover, they offer a spatio-temporal break with the training action, which favours a real and practical transfer of what has been learnt, and the content is not only addressed in a unique and isolated way in the classroom.

Likewise, the SLE offer the opportunity to carry out gender equality projects, but from a totally adaptable and flexible perspective, since each student automatically acquires tasks and roles according to their background, preferences and needs. In this way, equality would be approached in a comprehensive way and adjusted to the reality of each student.

In summary, this first article shows that despite the minimal initiatives implemented and evaluated on gender equality education through ICT, the vast majority of them use the same technological resources (video games, digital applications and digital platforms for communication and collaboration), as well as being based on the same content (STEM and gender stereotypes). On the other hand, not many projects have been identified that are spread over time, nor have interdisciplinary projects or projects that explicitly address various gender equality contents (Cabero et al., 2021).

Finally, it is proposed that the most convenient option to approach this subject in a way that is adjusted to the reality of each student, as well as making use of a wide range of technological resources, is through an SLE or FC initiative.

## 1.2. Objective II: Analyse the state of development of SLE

In order to achieve this objective, two research projects were carried out, both of which were of a theoretical nature. On the one hand, Article III consists of basic research or fundamental research supported by a documentary analysis of existing definitions and models of smart environments. And also, it involves the design and validation of an original SLE model. On the other hand, Article II is based on a systematic review of the existing literature to identify the relationship between SLE and educational inclusion.

Firstly, an overview of the concept of SLE, together with its main theoretical models, is presented in **Article III**. Among many basic keys that have been extracted from the SLE, some of the most widespread and that have been taken into account for the design of the original model are: the educational experience must be developed both in a physical environment enriched with technologies and in a virtual learning environment; the presence of smart technologies or advanced technologies is fundamental; and it is also interesting to highlight that there must always be an inclusive outlook that guarantees adaptation and flexibility.

As evidenced by the results of this research, there are specific definitions that only refer to the face-to-face or virtual experience. On the other hand, taking a broader and more extended perspective of SLE, they should be defined as the product of combining an ICT-enriched environment and a ubiquitous virtual learning experience.

When analysing the theoretical models of SLE, there is a clear need to bring them closer to educational practice, i.e. a reference framework from which any SLE practice can be evaluated and an initiative can be designed for any educational stage, taking into account all the essential dimensions. The aim, therefore, was to create a model accessible to the entire educational community from which to transfer or disseminate scientific findings on this object of study.

Various SLE models propose a wide variety of dimensions and elements that are difficult to transfer to practice. One specific case is that of Liu et al. (2017), which presents a large number of elements (learning support, learning goal, learning attitudes, consistent teaching logic, reconstruction technique, among others), which, when shown in their diagram, do not favour the design of initiatives in an intuitive way. In other models analysed, several key elements have been identified as being absent, as well as the lack of guidelines for applying the theoretical principles in practice in an adequate manner. For all these reasons, in this article III we also carry out the design and validation of the SLE-5 model, an instrument for any educational professional to facilitate the creation of initiatives based on these emerging environments or also to evaluate other practices implemented from the dimensions collected.

Our model is based on the combination of the two aforementioned educational environments, face-to-face and virtual, as well as the creation of an ergonomic axis that guarantees an inclusive perspective in both environments. The five dimensions that must be considered in order to favour the logical design of any experience are now presented sequentially. Firstly, there is the educational curriculum, since it is the starting point of any didactic proposal. It must always be based on the legislative framework and official educational policies, i.e. the selection of competences, content and assessment standards must be carried out.

Subsequently, we propose the selection of strategies and methodologies for both educational environments taking into account the technological presence. Thirdly, decisions regarding the evaluation system, which also includes monitoring through

learning analytics. Next, it is time to determine the educational roles according to the decisions that have been taken previously, i.e. determining responsibilities, levels of authority, etc. This is also the point at which the participation of other educational agents, such as families in compulsory education stages, the ICT coordinator, among others, must be specified. And finally, the selection of the smart technology and other resources that the initiative will have, both in terms of devices (hardware) and programmes, platforms, etc. (software). Once all these decisions have been made, it is time to put the proposal into practice and evaluate how it works in order to make the appropriate decisions.

In a synthesised way, it is worth highlighting that through article III some of the most widespread theoretical findings are evidenced, in order to contrast them with each other and to extract diverse needs. Therefore, this research brings together the theoretical perspective of SLE and offers a more enriched frame of reference and concept, since it includes the most relevant theoretical findings. Moreover, this theoretical product has a practical nature, as the aim is to facilitate the transfer of SLE to any educational context and stage.

Next, through article II, the aim is to delve deeper into one of the most defining elements of SLE, namely their inclusive or ergonomic nature. As evidenced in article III, the adaptive approach

In terms of optimising education through advanced technologies, many authors (Adewale et al., 2022; Amrinder et al., 2023; Ramírez y León, 2023; Sharifpour et al., 2023) point to the importance of the inclusive approach through personalisation and adaptation of the educational experience. Put another way, smart education puts the focus on accessibility and equitable academic development for all students, regardless of their educational needs, personal background, learning preferences and any other variables that make each student unique (Bautista y Borges, 2013, Gao y Li, 2022).

The main finding of this theoretical research is that the ergonomic or inclusive approach to SLE is based on the principles of flexibility, adaptation and horizontality. To this end, various proposals have been identified that focus on the physical environment, the virtual environment and both. In terms of inclusion in the physical environment through technologies, the use of assistive technologies, adaptable digital resources, large interactive screens... and also, the installation of various sensors. Regarding this last mentioned technology, it is worth noting that in smart cities they have a high presence for certain purposes, such as measuring air quality, public flow, traffic control, among other possibilities (Asri y Janir, 2023; Brandajs y Russo, 2023).

In relation to the educational dimension, in the scientific literature on SLE, sensors are also a technology widely used to monitor academic performance, physiological symptoms at certain times, the precise location of the student, among other variables that can help individualise the learning experience (Kausar et al., 2020; Kinshuk y Kumar, 2018). This massive data collection through various sensors, such as microphones, cameras, wristband or smartwatches... is the fundamental complement to learning analytics, since from all the data certain actions can be carried out, such as predicting student performance, identifying major trends and difficulties, detecting unusual behaviours, grouping students, among other possibilities (Caspari-Sadegui, 2023; Sin y Muthu, 2015).

Regarding the virtual context of the SLE, in our research we have found that both the use of virtual interfaces and real-time communication through social networks are proposed.

Firstly, regarding the virtual platforms used, these must contemplate the use of accessible and modifiable interfaces to enable access and interaction for any student, regardless of their location or time. This aspect is fully justified in the scientific literature through the ubiquity that SLE must guarantee (Hwang, 2014; Montebello, 2017).

Also, they must be interfaces that allow access to information despite any motor, vision or hearing difficulties that students may have. Therefore, it is necessary that the interfaces have alternative and augmentative communication systems.

Secondly, communication through social networks to promote horizontality is also a principle that is reflected in existing SLE theory. Specifically, of the three key elements of SLE identified by Zhu et al. (2016), connectivity establishes the communication of all people involved, both synchronously and asynchronously. Although in this regard, it should be noted that there is a threat to real-time horizontal communication in SLE, since due to the development of AI, intelligent tutoring systems are beginning to be implemented through human natural language processing, and also the instantaneous interaction of any user with a chatbot (García-Peña et al., 2020; González-Calatayud et al., 2021).

And finally, with regard to the technologies developed in both face-to-face and virtual environments, the recording and transmission of face-to-face sessions stands out.

Also the IoT, since, as previously mentioned, in order to obtain massive data that allow the adaptation of the educational experience, an interconnection between different technological devices is needed, whether they are only available in the face-to-face environment of reference, as well as those mobile technologies that the student carries with him/her.

Finally, individualised learning pathways according to the needs of each student. These are a fundamental pillar of the SLE, since they favour adaptation by creating different trajectories or paths, depending on all the data collected and analysed by the AI (Sahni, 2023).

In summary, article III provides evidence of an approach to the state of the art of ergonomics or the inclusive approach to SLE, both from the face-to-face and virtual environment dimension. With this research we have extracted the main technological tools that are being proposed to promote adaptation, flexibility and horizontality in these emerging educational environments, where advanced technologies play a key role in promoting adaptive learning.

### **1.3. Objective III: Study the theoretical and practical findings of the FC in Spain**

As we have seen in previous articles, the development of SLE from a practical perspective is not a very widespread phenomenon in the reality of education. SLE is a concept whose academic interest has grown in recent years and is therefore still in a primarily conceptual phase of development. Consequently, there is still not enough scientific evidence on the evaluation of different initiatives under the same SLE framework, and even less in the compulsory educational stages (Primary and Secondary).

For this reason, it was decided to continue researching emerging technology-enriched environments, but with a focus on another initiative that is also very new and highly developed in Spain, the FC. **Article IV** provides the first analysis of the current state of the FC in Spain, what technologies are being used and the professional satisfaction with the use of these environments.

In the second section of the second chapter of this thesis, the historical trajectory of the FC network is presented, as well as its theoretical development and the different institutional initiatives to promote these environments.

Firstly, it is worth highlighting the emerging nature of the FC, given that most of the teachers participating in the study acknowledge having less than three years of experience with such an environment. This is justified by the novel nature of the official network of classrooms of the future at European level (Tena y Carrera, 2017). Furthermore, most of the experiences analysed consist of one-off interventions, and do not involve an absolute change in the way classes are taught on a daily basis throughout the academic year.

Methodologically, the analysed FC do contemplate active methodologies as opposed to other more traditional ones, such as lectures. Mainly because, as justified in Tena and Carrera (2020), in theory, the FC are environments for the development of student competences, where active involvement and collaboration play a decisive role in the training of any student. In fact, the literature consulted acknowledges that they are totally appropriate and oriented environments for the application of project-based learning in particular.

In terms of assessment, the most commonly used is formative, from which constant feedback is obtained, allowing the learning experience to be adjusted and personalised according to the results obtained. This coincides with the tools used in other published experiences, such as that of Hilario et al. (2022), in which different digital tools are used to provide feedback and monitor student progress, such as Padlet, Socrative, Google Forms, among others.

More specifically, in terms of technology, the most commonly used technologies in the FC are the PDI, LMS, cloud computing, collaborative environments, Wi-Fi connectivity, among other technologies. Some correlations have also been found between the educational stage and the technologies used, such as, for example, the greater use of the PDI or tablets in Primary compared to Secondary.

In contrast, the use of 3D printers, learning analytics, AI programmes and smart watches, among other resources, is not as widespread. In fact, some of the resources listed in the published literature or on the official INTEF website are not widely used in Spain, such as 3D printers or 3D pens, virtual reality, robotic kits or even sensors (Pelayo, 2021; Olmos y Pardo, 2019).

The main promoters of the FC are the professionals who make up the management team, which coincides with the findings of other similar studies, which also recognise the school management as the main promoters of innovation programmes through technologies (Fernández y Prendes, 2021).

In general terms of satisfaction, all teaching staff recognise the usefulness of these environments for students' competence development, the motivation they awaken in students and also the promotion of collaboration among peers. On the other hand, the practices that generate the least satisfaction and therefore become priority needs for the



FC are safe, eco-responsible use, postural hygiene when using technology, and also the improvement of wireless connectivity, as well as the development of permanent training actions for teachers involved in these environments.

In summary, this article analyses the impact that the development of new educational environments is having on the current challenges related to the competent use of technological resources. It mainly highlights the use of active methodologies, formative assessments, and the use of different technological resources, such as PDI, LMS and other technologies that have been used so far in different educational contexts. However, there is hardly any use of other advanced technologies, such as AI, VR, learning analytics, among others. Furthermore, there is a high level of satisfaction on the part of the teachers involved with the implementation of the FC in the Spanish educational context.

#### **1.4. Objective IV: To identify the similarities and differences of the FC implemented in Spain with respect to the theories and approaches of the SLE. As well as their possibilities for gender equality education**

Both the FC and the SLE are defined as environments where technology plays a key role in teaching. Likewise, through both, a change in educational perception is promoted, where an active practice is developed, fully related to current learning demands. For all these reasons, **Article V** presents an analysis of the main differences and similarities between the FC network extended in Spain and the theoretical principles of the SLE. In order to determine whether the FC could be the predecessor environments of the SLE in Spain.

Firstly, based on the existing literature and the results of previous research, it can be seen that SLE are framed within the framework of b-learning, while the FC tend to be more in line with the standards of technology-enriched face-to-face education, as justified by classrooms divided into zones (Hilario et al., 2022; Pelayo, 2021). Despite this, it is noted that the FC are environments that also contemplate the use of digital resources for the virtualisation of teaching, such as the use of LMS or virtual collaborative environments. Likewise, it is also stated that students tend to continue virtually with the work carried out in the face-to-face classroom. Thus, it can be said that, although the theoretical nature of SLE is blended learning, the FC also tend to be blended learning, although not in such an explicit way, but virtual work is presented as a complement to face-to-face work.

Regardless of the use made of the virtual environment and the face-to-face environment in both cases, the design of the educational activity from the implementation of active methodologies is recognised. This is a point in common between FC and SLE, since the latter also contemplates PBL, gamification, among other methodologies (Cebrián et al., 2020; Kaimara et al., 2021). At this point, it should also be acknowledged that, although it is not widespread, the occasional development of certain lectures or expository classes is recognised in Spanish FC.

As we have seen, the FC are also environments where there is a strong interest in catering for diversity and offering students a flexible environment. In this respect, there is even a high degree of generalised satisfaction on the part of the teachers involved in the study. However, unlike the SLE, the FC analysed do not include automatic measures of personalisation, flexibility and horizontality through advanced technologies such as AI, IoT, learning analytics, etc. Therefore, in one of the key elements of the SLE, such as the inclusive approach, certain differences have been detected, especially in relation to

both the technologies used and the form of personalisation, since the SLE tend to individualise teaching through unique learning pathways (Punnarumol, 2021; Shemshack et al., 2021).

Thus, there are differences not only in the way these environments approach the inclusive perspective, but also in the technological resources that are considered a priority for developing the educational action in an SLE. The FC mainly contemplate PDI, tablets and other resources that are more standardised in the Spanish educational context (Area-Moreira et al., 2016), while the SLE propose AI, IoT, sensors and other more advanced technologies. Even in relation to connectivity, the FC mainly use Wi-Fi wireless connection, while 5G connection or GPS connectivity are in the minority in these environments, and on the contrary, they are pointed out in the theory of the SLE (Matuska et al., 2023; Rana et al., 2022).

Furthermore, in relation to the most commonly used assessment in the FC, formative assessment stands out, which involves constant feedback based on various assessment instruments with the aim of optimising students' educational development. In this way, it should be noted that there is also an approach in terms of one of the most commonly used measurement systems in SLE, such as the use of learning analytics to extract analyses and reports through which to understand and optimise the learning process of any student (Kausar et al., 2020).

Finally, regarding the possibilities of the FC and the SLE to work on gender equality, these environments offer the opportunity to carry out extended projects over time, both focusing on STEAM content and tackling gender equality in a cross-cutting manner, as well as developing a project totally focused on equality content.

Regardless of the option that is developed, as well as the environment that is used, the use of different technologies and several methodologies. From a realistic perspective and adjusted to the national context, the development of proposals focused on FC would have a greater scope due to the familiarisation and extension that is beginning to exist with regard to this environment. However, including certain principles and technologies in some of the more advanced FC in order to tend towards a SLE model in which gender equality is addressed would also be a possibility, since, as has been shown, there are several points in common.

In summary, it should be recognised that there are certain trends between FC and SLE that bring the two environments closer together. Some examples are the use of active methodologies; the development of learning through technology; the combination of face-to-face and virtual learning; and also, the implementation of constant evaluations over time to improve educational action.

On the other hand, the main differences are related to the development of the inclusive perspective, since the SLE contemplate an automated adaptation with the creation of different learning pathways, while the FC address diversity from a more classical perspective, such as the flexibility of tasks; there are also differences in relation to the technologies used, since the SLE make use of more advanced technologies, such as AI, IoT, etc.

Therefore, it can be affirmed that the FC could be the origin of the future SLE in Spain, since the FC are environments for educational innovation through technology and have various connections with respect to the SLE.

Moreover, both possibilities are ideal for direct or cross-cutting work on gender equality, although there is currently a greater possibility of projection around the **FC** due to their level of development in Spain.

## 2. Limitations

a) Considering the first theoretical article that was carried out in the framework of this doctoral thesis, it is worth highlighting the age of the time period over which the scientific productions are sought, as the last six years before 2019 are established. On the other hand, if the same descriptors are now used in the Scopus database, there is a significant quantitative leap in terms of the works published since 2019.

Furthermore, the work carried out does not analyse the impact of each of the proposals developed, as it only provides a descriptive description of the initiative developed based on the technological resources used and the content addressed.

b) Generally speaking, following the recommendations of the reference framework taken into account, the two databases Scopus and Wos have been used in all theoretical work. However, when carrying out initial research on an object of study, as in this case, it would be appropriate to take into account other sources as well.

Likewise, with regard to the methodological process followed, after carrying out the different theoretical works, new descriptors related to the corresponding object of study have been identified. For example, in relation to the first study, only five descriptors are taken into account, which may be a limitation when it comes to obtaining the largest possible number of studies, since only those publications that fall under the more general descriptors of co-education and ICT have been extracted.

c) A rigorous and systematic design process has been followed for the design of the SLE-5 model, and a Delphi method has been used for its validation. However, when the model is used to design an initiative and this is applied to a specific educational context, some proposals for improvement can be extracted to enrich this theoretical product.

d) In relation to the exploratory study of a quantitative nature, two main limitations are identified. The first is in relation to the sample, since the margin of error had to be adjusted to 10 % in view of the number of participants. This is the limitation of not obtaining a precision as tight as if the margin of error were lower.

In addition, the invited sample is the existing population that has the "Classroom of the Future" seal and belongs to the compulsory stages of the Spanish education system. In this way, results and conclusions are obtained from a general perspective, and not adjusted equally to certain variables, such as whether the educational centre is urban or rural, the ownership of the centre, etc.

Likewise, in relation to this study, another limitation would be the only perspective investigated, which is that of the teacher. With the instrument designed and the research carried out, the views of students, families, or other educational agents involved in the AdF, such as ICT coordinators, the management team, and even educational administrations, are not considered.

e) Taking into account the original object of study of this thesis, i.e. the SLE, the questionnaire that is developed aims to analyse the degree of similarity and difference between these environments and the AoF. Therefore, a questionnaire mainly based on the principles and findings of SLEs is used. However, due both to the numerous experiences implemented in Spain of AdF, as well as the minimal number of works

published on these environments and their implementation, another limitation is not knowing in detail the practices developed (number and type of zones in the classroom, type of projects proposed, type of grouping, platforms used in virtuality, etc.).

### 3. Proposals for the future

Different proposals for the future are set out below, following the same order as the limitations:

a) Development of a theoretical study with the same object as the initial one of this doctoral thesis, but updating the time frame to the last five years, since, as it has been exposed, it is remarkable the increase of works that started to be published per year.

With the aim of finding out the results of the proposals implemented to educate gender equality through ICT, it is proposed to incorporate a new dimension to the systematic review on the effect of the initiatives, or also, if possible, to develop a study based on a meta-analysis.

b) In relation to the databases used for the theoretical works, when replicating or carrying out other works on the object of study under investigation, as a minimum it is also proposed to incorporate the ERIC (Educational Resources Information Center) database, and in cases where publication is minimal in the main databases, Google Scholar should also be considered, as well as the grey literature that may exist on this research problem.

Furthermore, with regard to the aforementioned limitation of descriptors, for example, in the case of the first paper, with the intention of obtaining a greater number of results, the following search is proposed with its descriptors and Boolean operators: ["gender equality" OR "gender discrimination" OR "gender-based discrimination" OR "gender violence" OR "gender-based violence" OR "gender harassment" OR "gender-based harassment" OR "sexism" OR "sexist" OR "gender stereot\*"] AND ["education" OR "learning" OR "teaching" OR "coeducation"] AND ["ICT" OR "technology" OR "digital tools" OR "digital assets" OR "digital resources"].

c) Once some didactic proposals have been designed and adjusted taking into account different specific educational contexts, it would be appropriate to carry out focus groups or interviews with different professionals from the educational centres who have participated in the design of these experiences. Mainly in order to analyse difficulties and improvements in relation to the dimensions and sequence proposed through the SLE-5 diagram.

d) For future quantitative studies on the AdF experience in Spain, it would be advisable to apply a convenience or purposive sampling technique in order to create different segments according to different variables. Similarly, it would be appropriate to increase the number of subjects involved in the study in order to minimise the margin of error to 5%.

Likewise, it would be appropriate to broaden the perspective on the AdF so that there is not only a teaching perspective. Therefore, it is proposed to carry out studies with focus groups in which different roles involved in the environment participate (students, families in the case of Primary or Secondary, etc.), and also, to carry out quantitative research with students who have had experiences in the AdF, both to know their perspective and satisfaction with the environment, the difficulties encountered and the digital skills developed.

e) Based on the number of existing experiences, as well as the new classrooms that are being incorporated into the national AdF network, it would be necessary to design, validate and apply a new questionnaire based on the dimensions of the rubrics used by INTEF to award the "AdF centre" seal (AdF space; active methodologies and use of digital technologies; use of AdF and teacher participation; and integration in the centre and dissemination). In this way, the similarities and differences between the cases developed in Spain will be explained in detail.

Finally, and with a view to continuing this line of research, a proposal for the future that is totally applicable to reality would be to design initiatives for gender equality education following the work done in an AdF, i.e. to establish a project with heterogeneous work groups in which they have to carry out different tasks supported by technologies in different areas of the classroom in order to achieve the proposed objective. In this way, the project could also be replicated in different educational contexts, thus establishing a common initiative, which would be interesting in terms of extracting comparative results.

On the other hand, there is also the possibility of designing a research project with different collaborating groups with the aim of designing SLE experiences to work on gender equality. For this, it is considered of interest the collaboration of the research team that led the Gender Equality Matters (GEM) project, which is the origin of this doctoral thesis; research teams from the technological discipline that have experience with advanced technologies, as well as with the concept of SLE; and also, teams from the educational field with experience in educational technology.

## Capítulo VII. Referencias

"A veces, para encontrar la verdad, hay  
que mover montañas"

Ángeles y demonios (2009)

- Abuarqoub, A., Abusaimh, H., Hammoudeh, M., Uliyan, D., Abu-Hashem, M., Murad, S., Al-Jarrah, M. y Al-Fayez, F. (2017). A survey on Internet of Things enabled Smart Campus Applications. En *ICFNDS '17: Proceedings of the International Conference on Future Networks and Distributed Systems*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3102304.3109810>
- Acevedo, F.A., Cruz, J.A.F., Aguilar, C.A.H. y Bautista, D.P. (2022). Diseño e implementación de un simulador basado en realidad aumentada móvil para la enseñanza de la física en la educación superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 80. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2509>
- Achar, S. (2022). The Intersection of Cloud Computing and Smart Cities: An Exploratory Review of Applications and Challenges in Deployment. *Applied Research in Artificial Intelligence and Cloud Computing*, 5(1), 38–54. <https://bit.ly/3Hd0UVx>
- Acilar, A. y Sæbø, Ø. (2023). Towards understanding the gender digital divide: a systematic literature review. *Global Knowledge, memory and communication*, 72(3), 233–249. <https://doi.org/10.1108/GKMC-09-2021-0147>
- Adewale, O.S., Agbonifo, O.C., Ibam, E.O., Makinde, A.I., Boyinbode, O.K., Ojokoh, B.A., Olabode, O., Omirin, M.S. y Olatunji, S.O. (2022). Design of a personalised adaptive ubiquitous learning system. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2084114>
- Aguilar, J., Diaz, F., Altamiranda, J., García, N.P. y Pinto, A.D. (2022). An adaptive system for emerging serious games using a swarm intelligence algorithm. *IEEE Transactions on Games*, 14(4), 598–609. <https://doi.org/10.1109/TG.2021.3118273>
- Al Maani, D. y Shanti, Z. (2023). Technology-Enhanced Learning in Light of Bloom's Taxonomy: A Student-Experience Study of the History of Architecture Course. *Sustainability*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032624>
- Alam, M.A. y Saiyeda, A. (2020). A cloud based solution for Smart Education. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 11(2). <https://doi.org/10.4018/IJSEUS.2020040103>
- Alberdi, M.D. y Valdera, C. (2021). Dame un REA y cambiaré el mundo. *e-CO: Revista digital de educación y formación del profesorado*, 18, 290–320. <https://bit.ly/3IR7kSE>
- Alismaiel, O.A., Cifuentes-Faura, J. y Al-Rahmi, W.M. Online learning, mobile learning, and social media technologies: an empirical study on constructivism theory during the COVID-19 pandemic. *Sustainability*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/su141811134>
- Almusaylim, Z.A. y Zaman, N. (2019). A review on smart home present state and challenges: linked to context-awareness internet of things (IoT). *Wireless Networks*, 25, 3193–3204. <https://doi.org/10.1007/s11276-018-1712-5>
- Alqahtani, A.Y. y Rajkhan, A. (2020). E-learning critical success factors during the covid-19 pandemic: A comprehensive analysis of e-learning managerial perspectives. *Education Sciences*, 10(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/educsci10090216>
- Alzahrani, H.A., Shati, A.A., Bawahab, M.A., Alamri, A.A., Hassan, B., Patel, A.A., Ahmad, Mt., El Maksoud, W.A. y Alsaleem, M.A. (2023). Students' perception of asynchronous versus synchronous distance learning during COVID-19 pandemic in a medical college, southwestern region of Saudi Arabia. *BMC Medical Education*, 23. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04034-5>

- Amalia, E.L., Lestari, V.A., Wijyaningrum, V.N. y Ridla, A.A. (2023). *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 29(1), 572–582. <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v29.i1.pp572-582>
- Amrinder, S., Geetika, M., Swapna, H. y Anuj, K. (2023). Smart manufacturing systems: a futuristics roadmap towards application of industry 4.0 technologies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 36(3), 411–428. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2090607>
- Anderson, T. y Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890>
- Andía, L.A., Santiago, R. y Sota, J.M. (2020). ¿Estamos técnicamente preparados para el flipped classroom? Un análisis de las competencias digitales de los profesores en España. *Contextos educativos*, 25, 275–311. <https://doi.org/10.18172/con.4218>
- Anido, L., Assche, F.V., Colin, J.N., Ellis, W., Griffiths, D. y Simon, B. (2015). The iTEC Eduteka. En D. Sharma, M. Favorskaya, L. Jain. y R. Howlett (Eds.), *Fusion of Smart, Multimedia and Computer Gaming Technologies*. (pp. 115–135). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14645-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14645-4_6)
- Anil, G.R. y Moiz, S.A. (2019). Personalized dynamic learning plan generator for smart learning environments. *International journal of recent technology and engineering*, 8(2), 6175–6180. <http://www.doi.org/10.35940/ijrte.B3806.078219>
- Annapurna, D., Annapurna, D., Naik, B., Visvanathan, A., Kumar, A.S. y Moghe, A. (2023). Entorno de aula inteligente basado en IoT. En A. Kumar, S. Senatore y V.K. Gunjan (Eds.). *ICDSMLA 2021. Lecture Notes in Electrical Engineering* (pp. 393–400). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5936-3\\_37](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5936-3_37)
- António, R., Guerra, R. y Moleiro, c. (2023). Cyberbullying during COVID-19 lockdowns: prevalence, predictors, and outcomes for youth. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-04394-7>
- Area-Moreira, M., Behencourt-Aguilar, A. y Martín-Gómez, S. (2023). HyFlex. Enseñar y aprender de modo híbrido y flexible en la educación superior. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia*, 26(1), 141–161. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34023>
- Area-Moreira, M., Hernández-Rivero, V. y Sosa-Alonso, J.J. (2016). Modelos de integración didáctica de las TIC en el aula. *Comunicar*, 47, 79–87. <http://dx.doi.org/10.3916/C47-2016-08>
- Arévalo, R.A., Ortuño, G., y Arévalo, E. (2010). Revisiones sistemáticas [Systematic reviews]. *Revista médica La Paz*, 16(2), 69–80. <https://bit.ly/3UW6OPq>
- Arstorp, A.T. (2018). Future Classroom Labs in Norwegian Pre-service Teacher Education. En T.T. Wu, Y.M. Huang, R. Shadiev, L. Lin y Starčič, A. (Eds.), *Innovative Technologies and Learning* (pp. 288–292). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99737-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99737-7_30)
- Asri, H. y Jarir, Z. (2023). Toward a Smart Health: Big Data analytics and IoT for real-time miscarriage prediction. *Journal of Big Data*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00704-9>



- Aydin, A. y Göktaş, Y. (2023). Examining the effects of physical variables in classrooms on students' attention via the Internet of Things. *Participatory Educational Research*, 10(1), 160–177. <https://doi.org/10.17275/per.23.9.10.1>
- Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria. (2015). *LPA Inteligencia Azul*. <https://bit.ly/3MmrC14>
- Azmi, K., Laraqui, A. y Bousseadra, F. (2023). Learn computer codign witha serious game: theoretical framework and course performance. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 18, 131–140. <https://doi.org/10.1504/IJCAET.2023.127793>
- Bacca, J., Kinshuk y Segovia-Bedoya, D. (2019). An Architecture for Mobile-based Assessment Systems in Smart Learning Environments. En M. Chang, E. Popescu, Kinshuk, N.S. Chen, M. Jemni, R. Huang, J.M. Spector y D.G. Samson (Eds.), *Foundations and Trends in Smart Learning. Lecture Notes in Educational Technology* (pp. 25–34). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6908-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6908-7_4)
- Bakken, J.P., Putta, P. y Uskov, V.L. (2021). Smart Universities: assistive technologies for students with hearing impairments. En V.L. Uskov, R.J. Howlett, y L.C. Jain (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 240, (pp. 487–503). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2834-4\\_41](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2834-4_41)
- Bakken, J.P., Varidireddy, N. y Uskov, V.L. (2019). Smart university: software/hardware systems for college students with severe motion/mobility issues. En V. Uskov, R. Howlett y L. Jain (Eds.), *Smart innovation, Systems and Technologies*, 144, (pp. 471–487). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4\\_42](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4_42)
- Barba-Sánchez, V., Gouveia-Rodrigues, R. y Meseguer-Martínez, Á. (2022). Information and communication technology (ICT) skills and job satisfaction of primary education teachers in the context of Covid-19. Theoretical model. *Profesional de la Información*, 31(6). <https://doi.org/10.3145/epi.2022.nov.17>
- Barberá, E. (2016). Aportaciones de la tecnología a la e-Evaluación. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 50(4). <http://dx.doi.org/10.6018/red/50/4>
- Bardin, A.L. (2021). Digital divide in the modern megapolis: political aspects. *Polis*, 6, 73–88. <https://doi.org/10.17976/jpps/2021.06.06>
- Barrantes, G., Casas, L.M. y Luengo, R. (2011). Obstáculos percibidos para la integración de las TIC por los profesores de infantil y primaria en Extremadura. *Pixel-Bit- Revista de Medios y Educación*, 39, 83–94. <https://bit.ly/3Lxq7ww>
- Basogain-Urrutia, J.X. (2021). Evaluación en línea: herramientas, limitaciones y alternativas en un contexto de pandemia. *Revista Internacional Tecnológica-Educativa Docentes 2.0.*, 10(2), 30–41. <https://doi.org/10.37843/rted.v10i2.243>
- Basori, B., Sajidan, S., Akhyar, M. y Wiranto, W. (2023). Blended learning model towards vocational students' learning outcomes: a scoping review. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 205–215. <http://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.22986>
- Bautista, G. y Borges, F. (2013). Smart classrooms: Innovation in formal learning spaces to transform learning experiences. *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*, 15(3), 18–21. <https://bit.ly/2Wf0ruT>

- Bdiwi, R., De Runz, C., Ali, A. y Faiz, S. (2019b). Blockchain-Based Platform for Smart Learning Environments. En W. Abramowicz y R. Corchuelo (Eds.), *Business Information Systems. BIS 2019. Lecture Notes in Business Information Processing* (pp.487–499). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20485-3\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20485-3_38)
- Bdiwi, R., de Runz, C., Faiz, S. y Cherif, A.A. (2019a). Smart learning environment: teacher's role in assessing classroom attention. *Research in Learning Technology*, 27. <http://dx.doi.org/10.25304/rlt.v27.2072>
- Behera, S.K. (2013). E- and M-learning: a comparative study. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 4(3), 65–78. <https://bit.ly/3TBRho1>
- Belova, G. e Ivanova, A. (2023). EU Institutions: Revisiting Gender Balance and Women's Empowerment. *Laws*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/laws12010003>
- Besschetnova, O.V., Volkova, O.A. y Aliev, S.I. (2022). Issues on education of children in long-term medical needs in healthcare organizations. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniia i istorii meditsiny*, 30(5), 876–884. <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2022-30-5-876-884>
- Bicalho, R.N.M., Coll, C., Engel, A. y Santos, M.C. (2022). Integration of ICTs in teaching practices: propositions to the SAMR model. *Educational technology research and development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10169-x>
- Bizami, N.A., Tasir, Z. y Kew, S.N. (2023). Innovative pedagogical principles and technological tools capabilities for immersive blended learning: a systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 28(2), 1373–1425. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11243-w>
- Bonello, C., CAmilleri, R.A. y Attard, C. (2022). The Emergent Curriculum 'Marries' eTwinning in the Early Years: A Rediscovery of Froebel's Kindergarten through One Transformative Learning Experience in 21st Century Malta. *Curriculum and Teaching*, 37(2), 15–38. <https://doi.org/10.7459/ct/37.2.03>
- Bouhmid, A. (2019). Blogging, creativity and autonomy. An attempt to have one's cake and eat it. *Asp*, 76, 72–89. <https://doi.org/10.4000/asp.6089>
- Boulanger, D., Seanosky, J., Kumar, V., Kinshuk, Panneerselvam, K., y Somasundaram, T. S. (2015). Smart Learning analytics. En G. Chen, V. Kumar, Kinshuk, R. Huang, y S. C. Kong (Eds.), *Emerging issues in smart Learning* (pp. 289–296). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44188-6\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44188-6_39)
- Brandajs, F. y Russo, A.P. (2023). Smarter city, less just destination? Mobilities and social gaps in Barcelona. *Journal of Place Management and Development*. <https://doi.org/10.1108/JPMD-03-2022-0020>
- Burch, P. y Miglani, N. (2018). Technocentrism and social fields in the Indian EdTech movement: formation, reproduction and resistance. *Journal of Education Policy*, 33(5), 590–616. <https://doi.org/10.1080/02680939.2018.1435909>
- Burduk, A., Łapczyńska, D., Kocharńska, J., Musiał, K., Więcek, D y Kuric, I. (2022). Waste Management with the Use of Heuristic Algorithms and Internet of Things Technology. *Sensors*, 22(22). <https://doi.org/10.3390/s22228786>

- Cabero, J., García-Tudela, P.A. y Valencia, R. (2021). STEM y género: Visiones europeas y latinoamericanas. En M.P. Prendes, I.M. Solano, M.M. Sánchez (Eds.), *Tecnologías y Pedagogías para la enseñanza STEM* (pp. 123–144). Pirámide.
- Camargo-Vega, J.J., Camargo-Ortega, J.F. y Joyanes-Aguilar, L. (2015). Conociendo Big Data. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(38). <https://bit.ly/3ZXkZ8s>
- Casey, E., Jocz, J., Peterson, K.A., Pfeif, D. y Soden, C. (2023). Motivating youth to learn STEM through a gender inclusive digital forensic science program. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00213-x>
- Caspari-Sadegui, S. (2023). Learning assessment in the age of Big Data: learning analytics in higher education. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2162697>
- Castañeda, L.J., Gutiérrez, I., Prendes, M.P. y Sánchez, M.M. (2017). Formación docente para la enseñanza en línea en el contexto de la Formación Profesional. *Universitas tarraconensis: revista de ciènces de l'educació*, 2, 29–44. <https://bit.ly/39rv4QN>
- Cebrián, G., Palau, R. y Mogas, J. (2020). The smart classroom as a means to the development of ESD methodologies. *Sustainability*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12073010>
- Chaudhary, P., Singh, V., Karjee, A., Singal, G. y Tomar, A. (2023). Design of Energy Efficient IoT-Based Smart Street Light System. En I. Woungang, S.K. Dhurandher, K.K. Pattanaik, A. Verma, P. Verma (Eds.), *Communications in Computer and Information Science*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-28180-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28180-8_17)
- Chen, S., Gu, Y. y Wang, Y. (2022). The Impact of Digital Technology on the Reform of Art Teaching in the Wireless Network Environment. *Wireless communications and mobile computing*. <https://doi.org/10.1155/2022/1386737>
- Christopoulos, A., Mystakidis, S. Pellas, N. y Laakso, M.J. (2021). ARLEAN: An augmented reality learning analytics ethical framework. *Computers*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/computers10080092>
- Chun, Z. y Matthew, L. (2021). A mobile technology-based cooperative learning platform for undergraduate biology courses in common college classrooms. *Biochemistry and molecular biology education*, 49(3), 427–440. <https://doi.org/10.1002/bmb.21496>
- Collins, T. y Gazeley, L. (2021). Teachers and lower attaining boys: moving beyond the binary? *Educational Review*. <https://doi.org/10.1080/00131911.2021.2012426>
- Comisión Europea, (2020a). *Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027. Adaptar la educación y la formación a la era digital*. EUR-Lex. <https://bit.ly/3Z0bkxD>
- Comisión Europea. (2020b). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una Unión de la Igualdad: Estrategias para la Igualdad de Género 2020-2025. EUR-Lex. <https://bit.ly/3mQW4WQ>
- Comisión Europea. (2021a). *Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council establishing the 2030 Policy Programme “path to the Digital Decade”*. European Commission. <https://bit.ly/3zfbUx3>
- Comisión Europea. (2021b). *Digital Education Action plan 2021-2027. Resetting education and training for the digital age*. European Commission. <https://bit.ly/3ZodSWy>

- Cordero, J. y Aguilar, J. (2016). Reconocimiento multimodal de emociones basado en crónicas. En F. Rivas, S.M. Arciniegas (Eds.), *Avances y aplicaciones de sistemas inteligentes y nuevas tecnologías* (pp. 525–541). Universidad de los Andes Venezuela. <https://bit.ly/3mlAQAd>
- Costa, L.V., Veloso, A.I. y Mealha, Ó. (2018). A review fo proxemics in “smart game-playing”. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 80, 219–226. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2_22)
- Cowling, M.A., Crawford, J., Vallis, C., Middleton, R y Sim, K.N. (2022). The EdTech difference: digitalisation, digital pedagogy, and technology enhanced learning. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 19(2), 1–13. <https://doi.org/10.53761/1.19.2.1>
- Dawndasekare, D.M.S.P.K. y Jayakody, A. (2017). IoT Based Framework to Increase Student Success in the Classroom of Tertiary Education in Sri Lanka: The Smart Classroom. En *Annual Conference 2017-IET Sri Lanka*. <https://bit.ly/41vrkcA>
- Dedeilia, A., Papapanou, M., Papadopoulos, A., Karela, N.R., Androutsou, A., Mitsopoulou, D., Nikolakea, M., Konstantinidis, C., Papageorgakopoulou, M., Sideriz, M., Johnson, E.O., Fitzpatrick, S., Cometto, G., Campbell, J. y Sotiropoulos, M.G. (2023). Health worker education during the COVID-19 pandemic: global disruption, responses and lessons for the future—a systematic review and meta-analysis. *Human Resources for Health*, 21. <https://doi.org/10.1186/s12960-023-00799-4>
- Del Moral, M.E., Villalustre, L. y Neira, M.R. (2014). Oportunidades de las TIC para la innovación educativa en las escuelas rurales de Asturias. *Aula abierta*, 42(1), 61–67. <https://bit.ly/3nrQtpU>
- Del Prete, A. y Pantoja, S.R. (2022). The invisibility of Gender-based violence in the social network. *Generos*, 11(2), 124–143. <https://doi.org/10.17583/generos.8234>
- Delaney, J.M. y Devereux, P.J. (2019). Understanding gender differences in STEM: Evidence from college applications. *Economics of Education Review*, 72, 219–238. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2019.06.002>
- Dimitriadou, E. y Lanitis, A. (2023). A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3>
- Dogan, M.E., Goru, T. y Bozkurt, A. (2023). The use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning an Distance Education Processes: A systematic Review of Empirical Studies. *Applied Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/app13053056>
- Doria, F.J. y Larreal, A.J. (2023). Reflexiones teóricas sobre la integración curricular de las tecnologías de la información y comunicación. *Ciencia Latina. Revista Multidisciplinar*, 7(1), 4561–4574. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4781](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4781)
- Downie, S., Gao, X., Bedford, S., Bell, K. y Kuit, T. (2021). Technology enhanced learning environments in higher education: A cross-discipline study on teacher and student perceptions. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 18(4), 147–168. <https://doi.org/10.53761/1.18.4.12>
- Drugova, E., Zhuravleva, I., Aiusheeva, M. y Grits, D. (2021). Toward a model of learning innovation integration: TPACK-SAMR based analysis of the introduction of a digital

- learning environment in three Russian universities. *Education and Information Technologies*, 26(4), 4925–4942. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10514-2>
- Dundes, L. (2023). Even more than that, men love cars: Car guy memes and hegemonic masculinity. *Frontiers in Sociology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2022.1034669>
- Echiburur, M., Hernández, C. y Pino, M. (2023). Teaching physics in real-life contexts: the Beirut explosion. *Physics Education*, 58(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/acad5b>
- EDUCAUSE (2022). *2022 EDUCAUSE Horizon Report. Teaching and Learning Edition*. EDUCAUSE. <https://bit.ly/3YNBZh4>
- Ekici, M. (2021). A systematic review of the use of gamification in flipped learning. *Education and Information Technologies*, 26, 3327–3346. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10394-y>
- El Azhari, K., Hilal, I., Daoudi, N. y Ajhoun, R. (2023). Smart Learning using autonomous chatbot based on NLP techniques. En Y. Farhaoui, A. Rocha, Z. Brahmia, B. Bhushab (Eds.), *Artificial Intelligence and Smart Environments. Lecture Notes in Networks and Systems*, 635 (pp. 723–728). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26254-8\\_105](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26254-8_105)
- El Mhouti, A. y Erradi, M. (2018). Towards a smart learning management system (smart-LMS) to improve collaborative learning in higher education. En SCA '18: *Proceedings of the 3rd international conference on smart city applications*, 7, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3286606.3286784>
- Elgohary, E.M., Galal, M., Mosa, A. y Elshabrawy, G.A. (2023). Smart evaluation for Deep learning model: churn prediction as a product case study. *Bulletin of Electrical Engineering and informatics*, 12(2), 1219–1225. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i2.4180>
- Elkoubaiti, H. y Mrabet, R. (2018). How are augmented and virtual reality used in smart classrooms? En F. El Bouanani y A. Habbani (Eds.), *ICSDE'18: Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Digital Environment* (pp. 189–196). ACM. <https://doi.org/10.1145/3289100.3289131>
- Equipo de la Unidad de Igualdad del MEFP. (2022). *Radiografía de la brecha de género en la formación STEAM*. Secretaría general técnica. <https://bit.ly/41M5SQE>
- Esmartcity (2020). *MiMurcia: Tu Ayuntamiento inteligente, cercano, abierto e innovador en red*. Esmartcity.es. <https://bit.ly/3K4kinW>
- Estanyol, E., Montaña, M., Fernández-de-Castro, P., Aranda, D. y Mohammadi, L. (2023). Digital competence among Young people in Spain: A gender divide analysis [Competencias digitales de la juventud en España: Un análisis de la brecha de género]. *Comunicar*, 30(74), 107–116. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-09>
- Estupiñán, J., Leyva, M.Y., Peñafiel, A.J., y El Assafiri, Y. (2021). Inteligencia artificial y propiedad intelectual. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S3), 362–368. <https://bit.ly/3o1QlqV>
- Evans, A. (2023). Femininity in the 21<sup>st</sup> century. *Current Opinion in Psychology*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2022.101502>
- Expósito, J., Romero, J.J. y Olmedo, E.M. (2023). Diseño y validación de contenido de una rúbrica para medir el valor educativo de aplicaciones para dispositivos móviles. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 23(72). <https://doi.org/10.6018/red.542261>

- Fernández, A.D. y Prendes, M.P. (2022). Evaluación del proceso de digitalización de un centro de enseñanza secundaria con la herramienta SELFIE. *Contextos educativos: Revista de educación*, 30, 99–116. <https://doi.org/10.18172/con.5357>
- Fernández-Áñez, V. y Fernández-Güell, J.M. (2019). Pasado, presente y futuro de las ciudades inteligentes: una visión integrada. En *V Congreso Ciudades Inteligentes*. Esmarcity. <https://bit.ly/2mjkuJ0>
- Fernández-Herráez, C. (2013). El origen del Aula Mentor. *Cabás*, 10, 66–78. <https://bit.ly/42Q8DSf>
- Fleer, M. (2021). When preschool girls engineer: future imaginings of being and becoming an engineer. *Learning, Culture and Social Interaction*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100372>
- Flores-Vivar, J.M., y García-Peñalvo, F.J. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la Inteligencia Artificial en el marco de la Educación de Calidad (ODS4). *Comunicar*, 31(74). <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>
- Francescucci, A. y Rohani, L. (2019). Aprendizaje en línea exclusivamente síncrono (VIRI): el impacto en el desempeño de los estudiantes y los resultados de compromiso. *Journal of Marketing Education*, 41(1), 60–69. <https://doi.org/10.1177/0273475318818864>
- Francisco, S.C. y Felmlee, D.H. (2022). What did you call me? An analysis of online harassment towards black and latinx women. *Race and social problems*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s12552-021-09330-7>
- Fu, S. (2022). A reinforcement learning-based smart educational environment for higher education. *International Journal of e-Collaboration*, 19(6). <https://doi.org/10.4018/IJeC.315019>
- Galaige, J., Torrisi, G., Binnewies, S. y Wang, K. (2022). A Framework for Designing Student-Facing Learning Analytics to Support Self-Regulated Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(3), 376–391. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3176968>
- Gamel, S.A., Saleh, A.I. y Ali, H.A. (2022). A fog-based traffic light management strategy (TLMS) based on fuzzy inference engine. *Neural Computing and Applications*, 34(3), 2187–2205. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06525-2>
- Gansen, H.M. (2019). Push-Ups versus Clean-Up: preschool Teachers 'gendered beliefs, expectations for behaviour and disciplinary practices. *Sex Roles*, 80(7), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s11199-018-0944-2>
- Gao, Y. y Li, L. (2022). Intelligent Structure Design of Learning Seats in University Smart Classroom under the Background of Intelligent Education. *Computational Intelligence and Neuroscience*. <https://doi.org/10.1155/2022/7986426>
- García, M.B., Nadelson, L.S. y Yeh, A. (2023). "We're going on a virtual trip!": a switching-replications experiment of 360-degree videos as a physical field trip alternative in primary education. *International Journal of Child Care and Education Policy*, 17. <https://doi.org/10.1186/s40723-023-00110-x>
- García-Amaya, R.A., Fernández, F.H. y Duarte, J.E. (2017). Modelo de integración de las TIC en instituciones educativas con características rurales. *Revista Espacios*, 38(50). <https://bit.ly/3Fw5E7y>

- García-Garmendia, D. (2014). *Análisis y visualización de datos en el proyecto europeo iTEC (Innovative Technologies for Engaging Classrooms)* [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Oviedo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. <https://bit.ly/3nudsAw>
- García-Peña, V.R., Mora-Marcillo, A.B. y Ávila-Ramírez, J.A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 648–666. <https://bit.ly/3ZPyXte>
- García-Ruiz, M.E. y Lena-Acebo, F.J. (2018). Aplicación del método Delphi en el diseño de una investigación cuantitativa sobre el fenómeno FABLAB. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 40, 129–166. <https://doi.org/10.5944/empiria.40.2018.22014>
- García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, M.P. y Solano-Fernández, I.M. (2023a). Aulas del Futuro en España. Un análisis desde la perspectiva docente. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 67, 59–86. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.98627>
- García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, P. y Solano-Fernández, I.M. (2023b). The Spanish experience of Future Classroom as a possibility of Smart Learning Environments. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18577>
- García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, M.P. y Solano-Fernández, I.M. (2021). Smart Learning Environments: a basic research towards the definition of a practical model. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00155-w>
- García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, P. y Solano-Fernández, I.M. (2020a). Entornos Inteligentes de aprendizaje como espacios para promover la igualdad de género. En M.P. Prendes, I. Gutiérrez y M.M. Sánchez (Eds.), *Haciendo camino. Una mirada a la investigación en tecnología educativa* (pp. 185-199). Octaedro.
- García-Tudela, P.A., Prendes-Espinosa, M.P. y Solano-Fernández, I.M. (2020b). Smart Learning Environments y ergonomía: una aproximación al estado de la cuestión. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 261–275. <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562>
- García-Valdés, M. y Suárez-Marín, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 253–267. <https://bit.ly/3Ac2hQd>
- Gargano, M., Tomassoni, R., Zanon, A., Lungu, M.A. e Infurna, M.R. (2022). Sexting in adolescence: what are the reasons? An empirical study. *Clinica Terapeutica*, 173(5), 407–413. <https://doi.org/10.7417/CT.2022.2455>
- Gobierno de España. (2021). *Plan Nacional de Competencias Digitales*. Gobierno de España. <https://bit.ly/3zgyRA4>
- Gómez, C.R., Ramírez, J.L., Martínez-González, O. y Chuc, I. (2019). El uso de las TIC en la Enseñanza del Inglés en las Primarias Públicas. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 18(36), 75–94. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836gomez4>
- Gómez-García, M., Alameda, A., Poyatos, C. y Ortega, P.J. (2022). El Aula del Futuro: un proyecto para la redefinición pedagógica de los centros educativos. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.94188>

- González, C.J. y Martín, S. (2019). Prácticas educativas mediadas por TIC. Un análisis de la metodología del profesorado a través del Programa Escuela 2.0. *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación y docencia creativa*, 8(2), 75–85. <https://bit.ly/3LwE6CO>
- González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P. y Roig-Vila, R. (2021). Inteligencia artificial para la evaluación de estudiantes: una revisión sistemática. *Aplicación Ciencia*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/app11125467>
- González-Herrera, A.I., Díaz-Herrera, A.B., Hernández-Dionis, P. y Pérez-Jorge, D. (2023). Educational and accesible museums and cultural spaces. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01563-8>
- González-Pérez, A., Cerezo, O., Llamas, F. y Revuelta, F.I. (2022). Las Aulas del Futuro como espacios favorecedores del cambio educativo en la Educación Superior. *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación y docencia creativa*, 11, 675–683. <https://doi.org/10.30827/digibug.77653>
- Grant, M.J., y Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Gros, B. (2000). *El ordenador invisible. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza*. Gedisa.
- Guajardo-Fajardo, F.J.C. (2018). *El nuevo rol de las ciudades. La Smart City: el verdadero reto del S.XXI Desarrollo y planificación estratégica de la ciudad inteligente* (serie documents de trabajo 09/2018). Instituto Universitario de Análisis Económico y Social de la Universidad de Alcalá. <https://bit.ly/3rixAYn>
- Guilabert, M. (2021). El método Delphi. En J.M. Tejero (Eds.), *Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitarios y sociosanitario* (pp. 55–64). Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. <https://bit.ly/41mPiXS>
- Guo, Y. (2021). A study on English informative teaching strategies based on deep learning. *Journal of Mathematics*. <https://doi.org/10.1155/2021/5364892>
- Gupta, D., Kumar, P., Parashar, Y., Goel, V. y Nath, V. (2020). Internet of Things for Smart Class Rooms: A Review. En V. Nath y J. Mandal (Eds.), *Nanoelectronics, Circuits and Communication Systems. NCCS 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering* (pp. 523–532). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2854-5\\_46](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2854-5_46)
- Gutiérrez, I., Prendes, M.P. y Martínez, F. (2018). Competencia digital: una necesidad del profesorado universitario en el siglo XXI. *RED: revista de educación a distancia*, 56. <http://dx.doi.org/10.6018/red/56/7>
- Haghighian-Roudsari, A., Niknam, M., Shahamati, D., Borumandnia, N. y Omidvar, N. (2023). Barriers and challenges of virtual education in faculty of nutritional sciences and food technology during the covid-19 pandemic: An experience from Iran. *Journal of Medical Education Development*, 15(48), 21–29. <https://bit.ly/3JH0gRK>
- Hepp, P., Pérez, M., Aravena, F., Zoro, B. (2017). *Desafíos para la integración de las TIC en las escuelas: implicaciones para el liderazgo educativo. Informe técnico No. 2*. Centro de Liderazgo para la mejora escolar. <https://bit.ly/3mYzETg>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, M.P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª Edición). The McGraw Hill.



- Hertog, E., Fukuda, S., Matsukura, R., Nagase, N. y Lehdonvirta, V. (2023). The future of unpaid work: Estimating the effects of automation on time spent on housework and care work in Japan and the UK. *Technological forecasting and social change*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122443>
- Hidalgo, S.E., Orozco, M.S. y Daza, M.T. (2015). Trabajando con Aprendizaje Ubicuo en los alumnos que cursan la materia de Tecnologías de la Información. *Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo Educativo*, 6(11). <https://doi.org/10.23913/ride.v6i11.141>
- Hilario, P., Maestro, J.A., Moya, C. y Valladares, M. (2022). Implantación y desarrollo de un Aula del Futuro en un centro educativo. Estudio del proyecto del IES Francisco Giner de los Ríos, de Alcobendas. *Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa*, 50, 23–46. <https://doi.org/10.15366/tarbiya2022.50.001>
- Hincapié, M. y Díaz, C.A. (2018). Uso de tecnologías inmersivas en educación: realidad aumentada, realidad virtual y smartroom. En J.A. Jaramillo y S.M. Henao (Eds.), *Retos de la investigación en ingeniería de sistemas. Aplicaciones, herramientas y desarrollos* (pp. 158–173). Americana. <https://bit.ly/40Xrbij>
- Hodges, C.B., Moore, S., Lockee, B., Trust, T. y Bond. A. (2020). *The difference between emergency remote teaching and online learning*. EDUCAUSE Review. <https://bit.ly/3ImON0h>
- Hu, Y., Shen, J., Rou, R. y Huang, H. (2022). Formative assessment for hybrid course in smart classroom: A cognitive presence perspective. En *2022 International Conference on Intelligent Education and Intelligent Research (IEIR)* (pp. 262–265). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEIR56323.2022.10050039>
- Huang, G.L., Zaslavsky, A., Loke, S.W., Abkenar, A., Medvedev, A., Hassani, A. (2023). Context-Aware Machine Learning for Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportations Systems*, 24(1), 17–36. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3216462>
- Hurajova, A., Kollarova, D. y Huraj, L. (2022). Trends in education during the pandemic: modern online technologies as a tool for the sustainability of university education in the field of media and communication studies. *Heliyon*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09367>
- Huynh, V.D.B., Nguyen, P.T., Nguyen, Q.L.H.T.T. y Vu, N.B. (2020). E-learning evolution and development from the perspectives of technology, education, and economy. *Research in World Economy*, 11(1), 11–19. <https://doi.org/10.5430/rwe.v11n1p11>
- Hwang, G.J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- Hwang, W.Y., Nurtantyana, R. y Hariyanti, U. (2023). Collaboration and interaction with smart mechanisms in flipped classrooms. *Data Technologies and Applications*. <https://doi.org/10.1108/DTA-04-2022-0171>
- Isequilla, E., y Martín-Delgado, M. (2021). Herramientas digitales aplicadas en el escenario de la inclusión educativa en la época de la COVID-19. *RiITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 11, 40–52. <https://doi.org/10.6018/riite.490731>

- Inamorato dos Santos, A., Chinkes, E., Carvalho, M.A.G., Solórzano, C.M.V. y Marroni, L.S. (2023). The digital competence of academics in higher education: is the glass half empty or half full? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00376-0>
- INTEF. (2017). *Una breve historia de las TIC Educativas en España*. INTEF. <https://bit.ly/2AjSlrA>
- INTEF. (2022). *Plan de digitalización y competencias digitales del sistema educativo (plan #DigEdu)*. INTEF. <https://bit.ly/3TTkmLN>
- Jain, S. y Chawla, D. (2020). A Smart Education Model for Future Learning and Teaching Using IoT. En T. Senjyu, P.N. Mahalle, T. Perumal y A. Joshi (Eds.), *Information and Communication Technology for Intelligent Systems. ICTIS 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7062-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7062-9_7)
- Jang, L. (2021). Design of Tablet-Based Live Mobile Learning System Supporting Improved Annotation. En J.J. Park, S.J., Fong, Y. Pan, e Y. Sung (Eds.), *Advances in Computer Science and Ubiquitous computing. Lecture Notes in Electrical Engineering* (pp. 221–226). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9343-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9343-7_30)
- Jayoung, S. (2023). Digital feminism: in the aftermath of #MeToo, what's next for workplace equity for women? *Journal of Human Rights*. <https://doi.org/10.1080/14754835.2023.2199025>
- Jiang, H., Geertman, S. y Witte, P. (2023). The contextualization of smart city technologies: An international comparison. *Journal of Urban Management*, 12(1), 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.09.001>
- Kaginalkar, A., Kumar, S., Gargava, P. y Niyogi, D. (2023). Stakeholder analysis for designing an urban air quality data governance ecosystem in smart cities. *Urban Climate*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101403>
- Kaimara, P., Deliyannis, I., Oikonomou, A. y Fokides, E. (2021). Waking Up in the Morning (WUIM): A Smart Learning Environment for Students with Learning Difficulties. *Technologies*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/technologies9030050>
- Kaplan, A. y Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Kausar, S., Oyelere, S.S., Salal, Y.K., Hussain, S., Cifci, M.A., Hilcenko, S., Iqbal, M.S., Wenhao, Z., y Huahu, X. (2020). Mining Smart Learning Analytics Data Using Ensemble Classifiers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(12), 81–102. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13455>
- Kelly, S., Kaye, S.A. y Oviedo-Trespalacios, O. (2023). What factors contribute to the acceptance of artificial intelligence? A systematic review. *Telematics and informatics*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101925>
- Khairy, D. Areed, M.F. Amasha, M.A., Alkhalaf, S. y Abougalala, R.A. (2022). Chatbot-supported smart learning: algorithms and implementation. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(20), 6020–6028. <https://bit.ly/41iGB0d>

- Khalidi, A., Bouzidi, R. y Nader, F. (2023). Gamification of e-learning in higher education: a systematic literature review. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00227-z>
- Kinshuk y Kumar, V. (2018). Advancing learning through smart learning analytics: a review of case studies. *Asian Association of Open Universities Journal*, 13(1), 1-12. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-12-2017-0039>
- Kinshuk, Chen, N.S., Cheng, I.L y Chew, S.W. (2016). Evolution is not enough: revolutionizing current learning environments to smart learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 561–581. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0108-x>
- Kobkiat, S. (2019). Learning media repository and delivery system for smart classrooms using IoT and mobile technologies. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 13(2), 66–77. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i02.9941>
- Koehler, M.J., Mishra, P. y Cain, W. (2015). ¿Qué son los saberes Tecnológicos y Pedagógicos del Contenido (TPACK)? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 10(6), 9–23. <https://bit.ly/42ofQcm>
- Kofi, I. y Simon, D. (2022). The impact of Context Awareness and ubiquity on mobile government service adoption. *Usability and user experience for mobile devices*. <https://doi.org/10.1155/2022/5918826>
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- Korteling, J.E., Van de Boer-Visschedijk, G.C., Blankendaal, R.A.M., Boonekamp, R.C. y Eikelboom, A.R. (2021). Human-versus Artificial Intelligence. *Front. Artif. Intell*, 4. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.622364>
- Krismadinata, Unung, V., Nizwardi, J., Fahmi, R., Sukardi, Putu, S., Dochi, R., Arina, L., John, F., Ari, A. y Dony, N. (2020). Blended learning as instructional model in vocational education: Literature review. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11), 5801–5815. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082214>
- Kumar, V.S., Kinshuk, Somasundaram, T.S., Boulanger, D., Seanosky, J. y Vilela, M.F. (2015). Big Data Learning Analytics: A New Perspective. En Kinshuk, y R. Huang (Eds.), *Ubiquitous Learning Environments and Technologies. Lectures Notes in Educational Technology*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44659-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44659-1_8)
- Kurt, S. (2014). Creating technology-enriched classrooms: implementational challenges in Turkish education. *Learning, Media and Technology*, 39(1), 90–106. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.776077>
- Lakshmi, J.K., Iswarya, R. y Felix, V.S. (2022). Smart, safe and secure shopping experience using beacons. En A.P. Pandian, X. Fernando y W. Haoxiang (Eds.), *Computer Networks, Big Data and IoT* (pp. 837–852). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-0898-9\\_63](https://doi.org/10.1007/978-981-19-0898-9_63)
- Laurencelle, L. (2009). Le tau et le tau-b de Kendall pour la corrélation de variables ordinales simples ou catégorielles. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 5(2), 51–58. <https://doi.org/10.20982/tqmp.05.2.p051>

- Lazo-Amado, M. y Andrade-Arenas, L. (2023). Designing a Mobile Application for Children with Dyslexia in Primary Education Using Augmented Reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(2), 76–100. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i02.36869>
- Lewin, C. y McNicol, S. (2014). *Creating the Future Classroom: Evidence from the iTEC project*. Manchester Metropolitan University. <https://bit.ly/3LWixvG>
- Li, L. y Wei, X. (2022). Research on the Focus of Exploratory Classes for Primary School Teachers Based on the Intelligent Classroom Environment. En *ICEMT'22: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Education and Multimedia Technology* (pp. 155–161). ACM. <https://doi.org/10.1145/3551708.3556208>
- Li, X. y Liu, D. (2022). The influence of technostress on cyberslacking of college students in technology-enhanced learning: mediating effects of deficient self-control and burnout. *Interactive Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph191811800>
- Lida, A. (2023). How do traditional gender roles influence women's lives in Taiwan? An investigation of highly educated women's willingness to create families. *East Asia*, 40(1), 81–100. <https://doi.org/10.1007/s12140-022-09392-3>
- Lindgren, B.M., Lundman, B. y Graneheim, U.H. (2020). Abstraction and interpretation during the qualitative content analysis process. *International Journal of Nursing Studies*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103632>
- Ling, X., Yang, J.k, Liang, J., Zhu, H. Y Sun, H. (2022). A Deep-Learning Based Method for Analysis of Students' Attention in Offline Class. *Electronics*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/electronics11172663>
- Liu, D., Huang, R. y Wosinski, M. (2017). Characteristics and framework of smart learning. In L. Dejian, H. Ronghuai, & W. Marek (Eds.), *Smart learning in smart cities*, (pp. 31–48). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4343-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4343-7_3)
- Lötter, M.J. y Jacobs, L. (2020). Using smartphones as a social constructivist pedagogical tool for inquiry-supported problem-solving: an exploratory study. *Journal of Teaching in Travel and Tourism*, 20(4), 347–363. <https://doi.org/10.1080/15313220.2020.1715323>
- Luis, P. (2002). Aula de futuro. *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación*, 53, 13–16. <https://bit.ly/3G5kW3r>
- Luvezute, R.M., Scheller, M. y De Lara, D. (2015). La investigación documental sobre la investigación cualitativa: conceptos y caracterización. *Revista de Investigaciones UNAD*, 14(2). <https://doi.org/10.22490/25391887.1455>
- Ma, R. Y Xu, J. (2023). Construction of Smart Education Evaluation System: A casa study of International Chinese Language Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(2), 279–288. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.2.1805>
- Marín-Juarros, V.I. (2022). La revisión sistemática en la investigación en Tecnología Educativa: observaciones y consejos. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 13, 62-79. <https://doi.org/10.6018/riite.533231>
- Marquez, B., Gannon, M.E. y Rocafort, T. (2023). Engaging Students and Faculty in a Collaborative Learning Environment: Let's Check-In! *Nurse Educator*, 48(2), 98–102. <https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000001284>

- Márquez-Rodríguez, A.M.C. y Díaz-Montalvo, J. (2019). U-Learning: fortalezas, oportunidades y retos. En C.D. Álvarez-Amezcuca (Coord.), *Estrategias de Comunicación Educativa: un enfoque desde el aprendizaje ubicuo* (pp. 35–48). Sociedad Latina de Comunicación Social. <https://bit.ly/3Jz5hKM>
- Martín, A.C., Alario-Hoyos, C. y Kloos, C.D. (2022). Smart Groups: A system to orchestrate collaboration in hybrid learning environments. A simulation study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(6), 150–168. <https://doi.org/10.14742/ajet.6776>
- Martínez, I. (2022). Smart Campus: ecosistema digital de internet de las cosas (IoT) como factoría de aprendizaje, conocimiento y transferencia. *Geographicalia*, 74, 135–142. [https://doi.org/10.26754/ojs\\_geoph/geoph.2022747217](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2022747217)
- Martins, V.F., Tomczyk, Ł., Amato, C., Eliseo, M.A., Sunday, S., Yaşar A., Motz, R., Barros, G., Magali, S., Sarmiento, A. y Frango, I. (2020). A Smart Ecosystem for Learning and Inclusion: an architectural overview. En *Computational Science and its applications. Lecture Notes in Computer Science*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58799-4\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58799-4_44)
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 38–47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Matuska, S., Machaj, J., Hutar, M. y Brida, P. (2023). A development of an IoT-Based connected university system: progress report. *Sensors*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/s23062875>
- McMillan, J.H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa. Una introducción conceptual*. Pearson Addison Wesley.
- Mehta, C.R. y Patel, N.R. (2013). *IBM SPSS Exact Tests*. IBM. <https://ibm.co/3j2f7LO>
- Meng, Q., Jia, J. y Zhang, Z. (2020). A framework of smart pedagogy based on the facilitating of high order thinking skills. *Interactive Technology and Smart Education*, 17(3), 251–266. <https://doi.org/10.1108/ITSE-11-2019-0076>
- Mengist, W., Soromessa, T., y Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, 7, Article 100777. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>
- Mikulecky, P. (2019). Blended Learning in Smart Learning Environments. En P. Moura, P. Novais y P. Reis (Eds.), *Progress in Artificial Intelligence* (pp. 62–67). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3_6)
- Minea, M. y Dumitrescu, C.M. (2023). Urban traffic noise analysis using UAV-Based Array of Microphones. *Sensors*, 23(4). <https://doi.org/10.3390/s23041912>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2021). *Un año de pandemia: impacto en la educación*. <https://bit.ly/40pPxxl>
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mogas, J., Palau, R., Fuentes, M. y Cebrián, G. (2022). Smart schools on the way: How school principals from Catalonia approach the future of education within the fourth

- industrial revolution. *Learning Environments*, 25, 875–893. <https://doi.org/10.1007/s10984-021-09398-3>
- Mohd, J., Abid, H., Ravi, S. y Rajiv, S. (2021). Significant applications of Big Data in industry 4.0. *Journal of Industrial Integration and Management*, 6(4), 429–447. <https://doi.org/10.1142/S2424862221500135>
- Molina, M. (2021). Una historia de té y números. La prueba exacta de Fisher. *Revista electrónica AnestesiaR*, 13(10). <https://bit.ly/3j3FNfi>
- Molina-Carmona, R. y Villagrà-Arnedo, C. (2018). Smart Learning. En F.J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems of Enhancing Multiculturality* (pp. 645–647). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3284179.3284288>
- Montebello, M. (2017). Smart Ubiquitous Learning Environments. *International Journal of Educación*, 5(3), 17–24. <https://bit.ly/3KwVTsR>
- Montiel-Ruiz, F. J., Sánchez-Vera, M.-D.-M., y Solano-Fernández, I. M. (2023). Social networks and gamification in physical education: A case study. *Contemporary Educational Technology*, 15(1). <https://doi.org/10.30935/cedtech/12660>
- Morales-García, L., Sandoval, C.N. y González, M.D.S.G. (2022). Epistemic and mediational suitability of tasks designed in a mobile learning context. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11708>
- Moreno, A.J. (2019a). Estudio bibliométrico de la producción científica en Web of Science: Formación Profesional y blended learning. *Pixel-Bit- Revista de Medios y Educación*, 56, 149–168. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i56.08>
- Moreno, R.D. (2019b). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *RITI Journal*, 7(14), 260–270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>
- 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>
- Moss, S., y Gu, X. (2022). Home and Community-Based interventions for Physical Activity and Early Child development: A systematic review of effective strategies. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), Article 11968. <https://doi.org/10.3390/ijerph191911968>
- Muravevskaia, E. y Gardner-McCune, C. (2023). Designing a Virtual Reality Empathy Game framework to create empathic experiences for children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100561>
- Nadarajah, S.G., Pedersen, P.W., Schnatterbeck, C.G.H., Arberg, R. y Knoche, H. (2019). What is the cat doing? Supporting adults in using interactive E-Books for dialogic reading. En H. Knoche, E. Popescu, A. Cartelli (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 95, (pp. 146–158). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92022-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92022-1_13)
- Neela, M.A. y Ambareesh, S. (2019). The role of cyber physical systems to improve smart learning environments. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 646–651. <http://www.doi.org/10.35940/ijeat.F8849.109119>

- Ng, D.T.K. y Chu, S.K.W. (2021). Motivating students to learn STEM via engaging flight simulations activities. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 608–629. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09907-2>
- Nisha, R. y Renumol, V.G. (2023). An Approach for Early Prediction of Academic Procrastination in e-Learning Environment. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(1), 73–81. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.1.1782>
- Not, E., Cavada, D. y Venturini, A. (2020). Internet of Things and Ubiquitous computing in the tourism domain. En Z., Xiang, M. Fuchs, U. Gretzel y W. Höpken (Eds.), *Handbook of e-Tourism*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05324-6\\_18-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05324-6_18-1)
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L.A. y Garro-Aburto, L.L. (2019). Inteligencia Artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y representaciones*, 7(2). <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Ojeda, M., Espino, E., Elipe, P. y Del-Rey, R. (2023). Even if they don't say it to you, it hurts too: Internalized homonegativity in LGBTQ+ cyberbullying among adolescents. *Comunicar*, 31(75), 21–34. <https://doi.org/10.3916/C75-2023-02>
- Ojo, O.E., Kareem, M.K., Samuel, O. y Ugwunna, C.O. (2022). An Internet-of-Things based Real-time monitoring system for Smart Classroom. *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*, 4, 297–309. <https://doi.org/10.46481/jnsps.2022.573>
- Olmos, J. y Pardo, M.I. (2019). El aula del futuro en un colegio rural. *DYLE: Dirección y liderazgo educativo*, 2, 37–40. <https://bit.ly/3G1xusJ>
- Ouertani, H.C. y Alhudhud, G. (2019). [Optimizing E-learning cognitive ergonomics based on structural analysis of dynamic responses](https://doi.org/10.3991/ijet.v14i10.10134). *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(10), 150–160. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i10.10134>
- Oyelere, S.S., Qushem, U.B., Jauregui, V.C. Akyar, Ó,Y., Tomczyk, Ł., Sánchez, G., Munoz, D. y Motz, R. (2020). Blockchain Technology to Support Smart Learning and Inclusion: Pre-service Teachers and Software Developers Viewpoints. En Á. Rocha, H. Adeli, L., Reis, S. Costanzo, I. Orovic, F. Moreira (Eds.), *Trends and Innovations in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 357–366). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45697-9\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45697-9_35)
- Ozcan-Deniz, G. (2022). Construction management education in cyberspace: a critical review and analysis. *International Journal of Construction Management*, 22(1), 8–18. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452099>
- Page, M.J., Moher, D., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S.,...McKenzie, J.E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article 160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Palacios, A. (2022). *Desarrollo de la competencia digital docente. Estudio del profesorado andaluz en base al marco DigCompEdu*. [Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla]. idUS. <https://bit.ly/3LDceNu>
- Pandey, C., Kumar, Y.K., Kannan, N., Mahmood, M.R., Kumar P. y Kumari, S. (2022). Futuristic AI Convergence of Megatrends. IoT and Cloud Computing. En M.D. Mahmood,

- R. Raja, H. Kaur, S. Kumar, K. y Kumar (Eds.), *Ambient Intelligence and Internet of Things: Convergent Technologies* (pp. 125–188). Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9781119821847.ch5>
- Paños-Castro, J., Arruti, A. y Korres, O. (2022). COVID and ICT in Primary Education: Challenges Faced by Teachers in the Basque Country. *Sustainability*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su141610452>
- Parlakkiliç, A. (2020). Transition from e-learning to u-learning: basic characteristics, media, and researches. En G. Durak y S. Çankaya (2020), *Managing and designing online courses in ubiquitous learning environments* (pp. 296–310). IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-9779-7>
- Paudel, P., Kim, S., Park, S. y Choi, K.H. (2020). A context-aware iot and deep-learning-based smart classroom for controlling demand and supply of power load. *Electronics*, 9(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/electronics9061039>
- Pelayo, M. (2021). El aula del futuro. *EnRed@2.0: Revista digital por y para emplead@s de la Junta de Andalucía*, 11. <https://bit.ly/3U2W427>
- Peramunugamage, A., Ratnayake, U.W. y Karunanayaka, S. (2023). Systematic review on mobile collaborative learning for engineering education. *Journal of Computers in Education*, 10(1), 83–106. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00223-1>
- Pérez-Benítez, W.E. (2022). Ambientes de aprendizaje enriquecidos con TIC para la comprensión lectora en educación básica secundaria. [Tesis Doctoral, Universidad del Norte]. Repositorio Institucional Universidad del Norte. <https://bit.ly/3FwHWs5>
- Pertegal-Vega, M. A., Oliva-Delgado, A., y Rodríguez-Meirinhos, A. (2019). Revisión sistemática del panorama de la investigación sobre redes sociales: taxonomía sobre experiencias de uso [Systematic review of the social networking research landscape: a taxonomy of use experiences]. *Comunicar*, 60(37), 81–91. <https://doi.org/10.3916/C60-2019-08>
- Petchamé J., Iriondo, I. y Azanza, G. (2022). “Seeing and Being seen” or just “seeing” in a smart classroom context when videoconferencing: A User Experience-Based Qualitative Research on the Use of Cameras. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19159615>
- Petritis, S.J., Byrd, K.M. y Schneller, W. (2022). Hybridization gamified. A mobile App for learning about Hybridization. *Journal of chemical education*, 99(3), 1155–1159. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00890>
- Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barać, D. y Bogdanović, Z. (2021). Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(1), 117–132. <https://doi.org/10.1002/cae.22446>
- Pillajo, P.A. y Avila, D. (2023). Análisis de ciberseguridad en plataformas e-learning: revisión sistemática de la literatura. *Perspectivas*, 5(1), 19–29. <https://doi.org/10.47187/perspectivas.5.1.179>
- Pozo-Sánchez, S., Moreno-Guerrero, A.J., López-Núñez, J.A. y López-Belmonte, J. (2023). Flipped Learning como alternativa pedagógica para el trabajo de la expresión musical en tiempos de pandemia. *Retos*, 47, 384–393. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.95637>



- Prendes-Espinosa, M.P. (2018). La tecnología educativa en la pedagogía del siglo XXI: una visión en 3D. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 4. <https://doi.org/10.6018/riite/2018/335131>
- Prendes-Espinosa, M.P., García-Tudela, P.A. y Solano-Fernández, I.M. (2020). Igualdad de género y TIC en contextos educativos formales. Una revisión sistemática. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 63, 9–20. <https://doi.org/10.3916/C63-2020-01>
- Prendes, M.P. y Cerdán, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 35–53. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Prendes, M.P. y Serrano, J.L. (2012). *Las TIC en las aulas hospitalarias*. Marfil.
- Prendes, M.P. y Gutiérrez, I. (2013). Competencias tecnológicas del profesorado en las universidades españolas. *Revista de educación*, 361, 196–222. <https://bit.ly/3JNqjGB>
- Pungus, S.R., Yahaya, J., Deraman, A. y Bakar, N.H.B. (2019). A data modeling conceptual framework for ubiquitous computing based on context awareness. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(6), 5495–5501. <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i6.pp5495-5501>
- Punnarumol, T. (2021). Smart Learning Environments for enhancing digital literacy of Thai youth: a case study of ethnic minority group. *Wireless Personal Communications*, 118(3), 1841–1852. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06637-y>
- Qutechate, W., Falah, J., Alfalah, T. y Alfalah, S.F.M. (2020). Usability issues for learning management systems: case study, students and teaching staff perceptions. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(11), 1803–1815. <https://bit.ly/3Mzxnsz>
- Rajesh, R. y Reena, M. (2015). A review on worksystem interactions in a technology enabled classroom. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(2), 99–115. <https://doi.org/10.1504/ijtel.2015.072026>
- Ramírez, M. y León, F. (2023). M-Learning como herramienta para el aprendizaje adaptativo. Una propuesta para la educación superior. *International Humanities Review*, 17(5), 1–14. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v12.4767>
- Rana, A., Taneja, A. y Saluja, N. (2022). Beyond 5G enabled Internet-Of-Things for next generation Smart Systems: A use case scenario. *AIP Conference Proceeding*, 2451(1). <https://doi.org/10.1063/5.0095407>
- Ravizza, S.M., Meram, N.L. y Hambrick, D.Z. (2023). Synchronous or asynchronous learning: personality and online course format. *Personality and individual differences*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2023.112149>
- Razzaq, S. Shah, B., Iqbal, F., Ilyas, M., Maqbool, F. y Rocha, A. (2023). DeepClassRooms: a deep learning based digital twin framework for on-campus classrooms. *Neural Computing and Applications*, 35(11), 8017–8026. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06754-5>
- Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE\_Revista d'innovació i recerca en educació*, 9(1), 87–102. <http://dx.doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>

- Revuelta, F.I., Antequera, J.G. y Pedrera, M.I. (2022). Diseño e implementación de la metodología activa gamificación en la formación del profesorado. El aula del futuro como espacio de enseñanza y aprendizaje. En *Avances y Desafíos para la transformación educativa* (pp. 359–366). Universidad de Oviedo. <https://bit.ly/3ZrytJA>
- Ricardo, C., Cano, J., Astorga, C., Borjas, M. y Navarro, V. (Eds.) (2021). *Ambientes de aprendizaje enriquecidos con TIC en educación infantil: una mirada internacional*. Editorial uninorte.
- Rivera, P., Alonso, C. y Sancho, J.M. (2017). Desde la educación a distancia al e-learning. Emergencia, evolución y consolidación. *Revista educación y tecnología*, 10, 1–13. <https://bit.ly/3JWHoOO>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial. <https://bit.ly/3KkMkMI>
- Ruiz-Lázaro, J., Jiménez, E., Aboud, G.M., Lesmes, M. y Fernández, M.L. (2022). Las aulas del futuro: diseño de situaciones de aprendizaje en la universidad. En *Conference proceeding. CIVINEDU 2022* (pp. 475–478). REDINE. <https://bit.ly/40MOY5J>
- Sahni, J. (2023). Is learning analytics the Future of Online Education? Assessing Student Engagement and Academic Performance in the Online Learning Environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(02), 33–49. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i02.32167>
- Sahoo, S. y Bhattacharya, D. (2021). Different models in blended teaching and learning strategy. En S. Kumar y P. Barman (Eds.), *Education in the Transforming World* (pp. 199–210). <https://bit.ly/3n3wGwF>
- Saluja, O.B., Singh, P. y Kumar, H. (2023). Barriers and interventions on the way to empower women through financial inclusion: a 2 decades systematic review (2000-2020). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01640-y>
- Sam, C., Naicker, N. y Adebisi, M. (2021). Dimensionality Reduction of Social Media Application Attributes for Ubiquitous Learning Using Principal Component Analysis. *Mobile Information Systems*. <https://doi.org/10.1155/2021/6633223>
- Samane-Cutipa, V.A., Quispe-Quispe, A.M., Talavera-Mendoza, F. y Limaymanta, C.H. (2022). Digital gaps influencing the online learning of rural students in secondary education: a systematic review. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(7), 685–690. <https://doi.org/10.18178/ijet.2022.12.7.1671>
- Sánchez-Durán, C. (2023). La televisión educativa en España. Análisis de los espacios culturales-educativos y aplicaciones didácticas en Smart TV. En L. Molina, D. Cobos, E. López, A. Jaén y A.H. Martín (Eds.), *Educación y sociedad: pensamiento e innovación para la transformación social* (pp. 421–431). Dykinson. <https://bit.ly/42ONVSW>
- Sánchez-Ilabaca, J. (2003). Integración curricular de TICs. Concepto y Modelos. *Revista Enfoques Educativos*, 5(1), 51–65. <https://bit.ly/40hSJOL>
- Sánchez-Meca, J. (2022). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Educación: un tutorial. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 13, 5–40. <https://doi.org/10.6018/riite.545451>

- Sánchez-Rodríguez, J., Ruiz-Palmero, J y Sánchez-Vega, E. (2017). Flipped Classroom. Claves para su puesta en práctica. *Edmetic-Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(2), 336–358. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i2.5832>
- Sang, G., Wang, K., Li, S., Xi, J. y Yang, D. (2023). Effort expectancy mediate the relationship between instructors' digital competence and their work engagement: evidence from universities in China. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10205-4>
- Sanjaume-Calvet, M., Vallbé, J.J., Muñoz-Puig, M. (2023). Can women take the floor in parliament? Evidence from the Spanish lower chamber. *Women's Studies International forum*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2023.102694>
- Santillán-Aguirre, J.P. (2022). *Flipped Classroom: ¿Enfoque o metodología?* *Polo del conocimiento*, 7(2), 2039–2059. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i2.3695>
- Sardinha, L., Almeida, A.M.P., Barbas, M.P. (2018). The Classroom Physical Space as a Learning Ecosystem - Bridging Approaches: Results from a Web Survey. En Ó. Mealha, M. Divitini y M. Rehm. (Eds.), *Citizen, Territory and Technologies: Smart Learning Contexts and Practices* (pp. 39–50). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2_5)
- Seanosky, J., Boulanger, D., Kumar, V. y Kinshuk (2015). Unfolding Learning Analytics for Big Data. En G. Chen, V. Kumar, Kinshuk, R. Huang, S. Kong. (Eds.), *Emerging Issues in Smart Learning. Lecture Notes in Educational Technology*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44188-6\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44188-6_52)
- Serrano, J.L. y Prendes, M.P. (2015). Integración de TIC en aulas hospitalarias como recursos para la mejora de los procesos educativos. *ESE: Estudios sobre educación*, 28, 187–210. <https://doi.org/10.15581/004.28.187-210>
- Serrano-Sánchez, J.L. y Prendes-Espinosa, M.P. (2015). Integration of ICT in hospital schools as resources to improve of educational processes. *Estudios sobre educación*, 28, 187–210. <https://doi.org/10.15581/004.28.187-210>
- Setiawan, R., Vianny, M.M., Rajan, R., Kumar, D., Phalguni, N., Amarendra, K., Rao, R.K., Raja, R., Subramaniaswamy, V. y Sengan, S. (2022). IoT based virtual e-learning System for sustainable development of smart cities. *Journal of Grid Computing*, 20. <https://doi.org/10.1007/s10723-022-09616-z>
- Shah, S.K., Tang, Z., Sharif, S.M.F. y Tanveer, A. (2021). An empirical study of Chinese students' behavioral intention to adopt 5G for smart-learning in Covid-19. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00172-9>
- Shang, J., Liu, Y. y Lei, Y. (2022). OneNet-Based Smart Classroom design for effective teaching management. En K. Nakamatsu, R. Kountchev, S. Patnaik, J.M. Abe y A. Tyugashev (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 285, 539–553. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-9735-7\\_54](https://doi.org/10.1007/978-981-16-9735-7_54)
- Shemshack, A., Kinshuk y Spector, J.M. (2021). A comprehensive analysis of personalized learning. *Journal of computers in Education*, 8(4), 485–503. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00188-7>
- Shurygin, V., Saenko, N., Zekiy, A., Klochko, E. y Kulapov, M. (2021). Learning Management Systems in Academic and Corporate Distance Education. *International*

- Journal of Emerging Technology in Learning*, 16(11).  
<https://doi.org/10.3991/ijet.v16i11.20701>
- Sin, K. y Muthu, L. (2015). Application of Big Data in education data mining and learning analytics – A literature review. *ICTACT Journal on Soft Computing*, 5(4), 1035–1049.  
<http://dx.doi.org/10.21917/ijsc.2015.0145>
- Soriano-Pascual, M., Østerlie, O., Baena-Morales, S., García-Martínez, S. y Ferriz-Valero, A. (2022). Flipped Classroom through Edpuzzle® and the sports teaching-learning process in secondary school students: A pilot study. *Retos*, 45, 743–749.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.91963>
- Sosa, M.J. y Palau, R.F. (2018). *Flipped Classroom* en la formación Inicial del Profesorado: Perspectiva del alumnado. *REDU. Revista de docencia universitaria*, 249–264.  
<https://doi.org/10.4995/redu.2018.7911>
- Sosa, M.J. y Valverde, J. (2022). Hacia una educación digital. Modelos de integración de las TIC en los centros educativos. *Revista mexicana de investigación educativa*, 27(94).  
<https://bit.ly/3JKWVRC>
- Souabi, S., Retbi, A., Khalidi, M. y Bennani, S. (2021). Towards an Evolution of e-learning Recommendation Systems: From 2000 to Nowadays. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(6), 286–298.  
<https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.18159>
- Srivastav, S. (2020). *Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning. What's the Real Difference?* Medium. <https://bit.ly/3KsCrMu>
- Starks, A.C. y Reich, S.M. (2023). “What about special ed?”: Barriers and enablers for teaching with technology in special education. *Computers and Educación*, 193.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104665>
- Stavropoulos, G., Violos, J., Tsanakas, S. y Leivadeas, A. (2023). Enabling Artificial Intelligent Virtual Sensors in an IoT Environment. *Sensors*, 23(3).  
<https://doi.org/10.3390/s23031328>
- Stern, C., Jordan, Z., y McArthur, A. (2014). Developing the review question and inclusion criteria. *The American Journal of Nursing*, 114(4), 53–56.  
<https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000445689.67800.86>
- Suartama, I.K., Setyosari, P., Sulthoni, S. y Ulfa, S. (2020). Development of Ubiquitous learning environment based on Moodle Learning Management System. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(14), 182–204.  
<https://doi.org/10.3991/ijim.v14i14.11775>
- Swanson, K.J., Painter, J.L., Blanchard, M.R. y Gervase, K.D. (2023). Why Olympiad: investigating motivations and benefits of coaching elementary science olympiad. *Journal of Science Teacher Education*, 34(1), 63–85.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2024690>
- Talan, T. y Gulsecen, S. (2019). The effect of a flipped classroom on students' achievements, academic engagement and satisfaction levels. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 20(4), 31–60. <https://doi.org/10.17718/tojde.640503>
- Tapeh, A.T.G. y Naser, M.Z. (2023). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Structural Engineering: A Scientometrics Review of Trends and Best

- Practices. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(1), 115–159. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09793-w>
- Tavares, N. (2022). The use and impact of game-based learning on the learning experience and knowledge retention of nursing undergraduate students: A systematic literature review. *Nurse education today*, 117, Article 105484. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105484>
- Tena, R. y Carrera, N. (2020). La *Future Classroom Lab* como marco de desarrollo del aprendizaje por competencias y el trabajo por proyectos. *Revista Mexicana de investigación educativa*, 25(85). <https://bit.ly/3ybYQJ0>
- Tikhomirov, V., Dneprovskaya, N. y Yankovskaya, E. (2015). Three dimensions of Smart Education. *Smart Education and Smart e-learning*, 47–56. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19875-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19875-0_5)
- Toivonen, T., Jormanainen, I. Montero, C.S. y Alessandrini, A. (2018). Innovative maker movement platform for K-12 education as a smart learning environment. En *Lecture Notes in Educational Technology* (pp. 61–66). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8743-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8743-1_9)
- Tomé, A. (2017). Estrategias para elaborar proyectos coeducativos en las escuelas. *Atlánticas. Revista Internacional de Estudios Feministas*, 2(1), 89–116. <http://dx.doi.org/10.17979/arief.2017.2.1.1979>
- Torres-Fonseca, A., y López-Hernández, D. (2014). Criterios para publicar artículos de revisión sistemática [Criteria for publishing systematic review articles]. *Revista de especialidades médico-quirúrgicas*, 19(3), 393–399. <https://bit.ly/3EriTsZ>
- Toyib, W., Agusmanb, D. y Ramza, H. (2020). Ubiquitous computing: a learning system solution in the era of industry 4.0. *Jurnal Informatika*, 14(1), 23–35. <https://doi.org/10.26555/jifo.v14i1.a15314>
- Trujillo, J.M. (2015). Las TIC en los entornos educativos. *EDMETIC*, 4(1), 3–8. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v4i1.2895>
- Ulloa, G. (2021). Reflexiones en torno a la evolución histórica del concepto de la educación a distancia. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(34). <http://dx.doi.org/10.22458/ie.v23i34.3364>
- UNESCO (2019). *Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación*. UNESDOC. <https://bit.ly/2JmPCPs>
- UNESCO (2022b). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. UNESDOC. <https://bit.ly/3ZSTb5q>
- UNESCO. (2022a). *Más mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas mejoraría el desarrollo económico de la región*. UNESCO. <https://bit.ly/3URob4Q>
- UNESCO. (2023). *Educación de niñas y mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. <https://bit.ly/3BTtnwm>
- Ustun, A.B. (2019). Effects of Mobile Learning in Blended Learning Environments. *Journal of Information and Communication Technologies*, 1(1)1–14. <https://bit.ly/3Lko7RZ>

- Valiente, J.F., Perera, L.F. y Bermúdez, R. (2022). Integración curricular de las TIC en la Matemática III para la formación del ingeniero informático. *Referencia Pedagógica*, 10(3). <https://bit.ly/40eFspX>
- Vallejo-Correa, P., Monsalve-Pulido, J. y Tabares-Betancur, M. (2021). A systematic mapping review of context-aware analysis and its approach to mobile learning and ubiquitous learning processes. *Computer Science Review*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100335>
- Vela, E. (2021). Educación online durante la COVID-19: problemáticas afrontadas por los docentes. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 11, 12–24. <https://doi.org/10.6018/riite.484891>
- Verma, J. y Khanna, A.S. (2023). Digital advancements in smart materials design and multifunctional coating manufacturing. *Physics Open*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.physo.2022.100133>
- Vidal, M.J., Madruga, A. y Valdés, D. (2019). Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 33(3). <https://bit.ly/3MyNmH8>
- Wakil, K., Qaisar, N. y Mohammed, C. (2017). Enriching classrooms with technology in the basic schools. *European Journal of Open Education and e-learning Studies*, 2(1), 99-108. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.841925>
- Wang, X., Sun, D., Cheng, G. y Luo, H. (2023). Key factors predicting problem-based learning in online environments: Evidence from multimodal learning analytics. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1080294>
- Wu, J. (2022). Design and Development of Blended Learning Platform and its Resources Based on Smart Classroom System. En *Second International Conference on Advanced Technologies in Intelligent Control, Environment, Computing & Communication Engineering (ICATIECE)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICATIECE56365.2022.10046860>
- Xu, C. y Zhang, L. (2022). Application of xr-based virtuality-reality coexisting course. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 31(3), 1843–1855. <https://doi.org/10.32604/iasc.2022.020365>
- Yusufu, G. y Nathan, N. (2020). A novel model of smart education for the development of smart university system. En *2020 International Conference in Mathematics, Computer Engineering and Computer Science*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/icmcecs47690.2020.240912>
- Zaré, M. y Sarikhani, R. (2016). From e-learning to Ubiquitous Learning; Theoretical Principles. *Future of Medical Education Journal*, 6(3), 12–15. <https://doi.org/10.22038/fmej.2016.7625>
- Zhao, F., Gi-Zen, L., Juan, Z. y Chengjiu, Y. (2023). A Learning Analytics Framework Based on Human-Centered Artificial Intelligence for Identifying the Optimal Learning Strategy to Intervene in Learning Behavior. *Educational Technology and Society*, 26(1), 132–146. [https://doi.org/10.30191/ETS.202301\\_26\(1\).0010](https://doi.org/10.30191/ETS.202301_26(1).0010)
- Zhao, M., Zhao, G. y Qu, M. (2022). *Computational Intelligence and Neuroscience*. <https://doi.org/10.1155/2022/4953721>

- Zheltukhina, M.R., Kislitsyna, N.N., Panov, E.G., Atabekova, A., Shoustikova, T. y Kryukova, N. (2023). Language learning and technology: A conceptual analysis of the role assigned to technology. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 13(1). <https://doi.org/10.30935/ojcmt/12785>
- Zhou, X. (2023). A conceptual review of the effectiveness of flipped learning in vocational learners' cognitive skills and emotional states. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1039025>
- Zhu, Z., Sun, Y. y Riezebos, P. (2016). Introducing the smart education framework: core elements for successful learning in a digital world. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 1(1), 53–66. <https://doi.org/10.1504/IJSMARTTL.2016.078159>

## **Capítulo VIII. Anexos**

**“Hasta el infinito y más allá”**

Toy Story (1995)



**1. Anexo I. Cuestionario original**

N.º	Ítem
1.	Edad
2.	Sexo
3.	Titularidad del Colegio donde trabaja
4.	Comunidad Autónoma
5.	Años de experiencia docente
6.	Años de experiencia haciendo uso del AdF
7.	Edad media de los estudiantes con lo que hace uso del SLE
8.	Hago uso del SLE en todos los niveles donde doy clase.
9.	Hago uso del SLE para impartir todas mis asignaturas.
10.	Hago uso del SLE para trabajar todos los contenidos de mis asignaturas.
11.	Hago uso del SLE para favorecer el desarrollo de todas las competencias de mi alumnado.
12.	En el SLE, además de la presencialidad, utiliza una plataforma virtual que los estudiantes pueden usar en casa.
13.	La agrupación de mis estudiantes se realiza de manera automática a través de la tecnología utilizada en el SLE.
14.	Las metodologías apoyadas en TIC que utilizo en el SLE tienen continuidad en el trabajo del alumnado en sus casas.
15.	Utilizo la clase magistral en el SLE.
16.	Utilizo métodos en grupo (dinámicas tradicionales, cooperativas o colaborativas) en el SLE.
17.	Utilizo la clase invertida en el SLE.
18.	Utilizo el Aprendizaje Basado en Retos o Problemas en el SLE.
19.	Utilizo el Aprendizaje Basado en Proyectos en el SLE.
20.	Utilizo la gamificación en el SLE.
21.	Utilizo el Aprendizaje Basado en Juegos en el SLE.
22.	Utilizo el aprendizaje-servicio (service learning) en el SLE.
23.	Utilizo otras metodologías o estrategias en el SLE (indique cuál y su frecuencia de uso).
24.	A través de la tecnología utilizada en el SLE se crean diferentes rutas o itinerarios de aprendizaje según el nivel de mis estudiantes.
25.	Utilizo diferentes actividades para cada estudiante o grupo de estudiantes.
26.	Diseño y utilizo diferentes recursos para cada estudiante o grupos de estudiantes.
27.	Antes de empezar una nueva unidad, mis estudiantes realizan una evaluación inicial a través de herramientas digitales del SLE.
28.	Hago comentarios personalizados a mis estudiantes tras corregir sus tareas y se los hago llegar a través de las herramientas digitales del SLE.
29.	Mis estudiantes reciben comentarios automáticos generados por la tecnología tras realizar sus tareas.
30.	Al terminar una unidad o proyecto aplico a mis estudiantes una evaluación sumativa usando la tecnología del SLE.
31.	Mis estudiantes autoevalúan su progreso a través de herramientas digitales del SLE.
32.	Mis estudiantes se evalúan entre ellos (evaluación por pares) haciendo uso de las tecnologías del SLE.
33.	La evaluación final es la que más influye en la calificación global del estudiante.
34.	Utilizo diferentes pruebas de evaluación según el estudiante o grupo de estudiantes.
35.	Solicito ayuda a un profesional cuando surge cualquier problema técnico relacionado con el SLE.

36.	El equipo directivo de mi centro participa en el diseño y supervisión del SLE.
37.	Solicito colaboración a otros docentes del colegio para diseñar e implementar el SLE.
38.	Solicito colaboración a especialistas para adaptar la experiencia educativa a cualquier estudiante con dificultades del aprendizaje.
39.	Existe una comunicación constante con las familias de mis estudiantes a través de la tecnología del SLE.
40.	Propongo actividades para que mis estudiantes las desarrollen junto a su familia a través de la tecnología del SLE.
41.	Otros agentes externos a la comunidad educativa (diseñadores gráficos, desarrolladores web, asociaciones, etc.) se involucran en el diseño e implementación del SLE.
42.	Mis estudiantes tienen diferentes roles en el SLE.
	En relación a los dispositivos tecnológicos ( <i>hardware</i> ), en el SLE usamos:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pizarra o pantalla digital interactiva.</li> <li>• Tablet.</li> <li>• Ordenadores portátiles.</li> <li>• Ordenadores de sobremesa.</li> <li>• Teléfonos móviles.</li> <li>• Libros electrónicos.</li> </ul>
43.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresoras 3D.</li> <li>• Gafas de realidad virtual.</li> <li>• Relojes o pulseras inteligentes.</li> <li>• Tecnología de apoyo o asistencial (tecnologías adaptadas a discapacidades).</li> <li>• Robótica educativa.</li> <li>• Cámaras y micrófonos en el aula con un fin educativo.</li> <li>• Sensores de temperatura, humedad, iluminación, calidad del aire, ruido y otros factores ambientales.</li> </ul>
	En relación al <i>software</i> , en el SLE usamos:
44.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una plataforma de gestión del aprendizaje (Edmodo, Moodle, etc.).</li> <li>• La computación en la nube (Dropbox, Mega, Drive, etc.).</li> <li>• Entornos colaborativos en línea (Google Docs, Padlet, etc.).</li> <li>• Redes sociales (Facebook, TikTok, Twitter, Instagram, etc.).</li> <li>• Aplicaciones de videoconferencias (Meets, Zoom, etc.).</li> <li>• Herramientas digitales para diseñar contenidos (Genially, Canva, Prezi, etc.).</li> <li>• Aplicaciones para crear cuestionarios (Kahoot, Google Forms, Typeform, etc.).</li> <li>• Aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Analíticas de aprendizaje o <i>Big Data</i>.</li> <li>• Aplicaciones de Inteligencia Artificial (personalización de contenidos, chatbots, etc.).</li> </ul>
	En relación a las tecnologías para conectar el SLE usamos:
45.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi.</li> <li>• 5G.</li> <li>• Bluetooth.</li> <li>• Tecnología GPS (context awareness).</li> <li>• Tecnología de radiofrecuencia (RFID).</li> <li>• Existe una interconexión entre la tecnología utilizada (Internet de las cosas).</li> </ul>
46.	Otra tecnología utilizada en el SLE (indique cuál y su frecuencia de uso)

47.	Las condiciones ambientales de mi clase física se ajustan automáticamente (temperatura, iluminación, etc.)
48.	Selecciono la tecnología de mi SLE atendiendo a sus criterios de seguridad y protección de datos
49.	Indico a mis alumnos cómo hacer un uso seguro y responsable de la tecnología que utilizamos en el SLE
50.	La motivación de mis estudiantes al trabajar en un SLE
51.	La utilidad del SLE para promover el aprendizaje entre mis estudiantes
52.	La colaboración entre estudiantes gracias al SLE
53.	El uso de las tecnologías que hacen las alumnas, en igualdad con los alumnos
54.	La actitud de las alumnas frente a las tecnologías
55.	Las actividades para educar en actitudes contrarias a la discriminación o exclusión por razones de género
56.	La atención a la diversidad que se da gracias al SLE
57.	Las metodologías y estrategias que utilizo presencial y virtualmente
58.	La continuidad que las actividades tienen en casa por parte del alumnado
59.	El sistema de evaluación que utilizo presencial y virtualmente
60.	El mobiliario y los espacios físicos del SLE
61.	El equipamiento tecnológico (hardware) del SLE
62.	Las aplicaciones digitales (software) que utilizamos en el SLE
63.	La calidad de conexión a internet en el aula física del SLE
64.	El uso seguro y responsable que hacen los estudiantes con la tecnología
65.	El conocimiento y uso que hacen los estudiantes de las recomendaciones para mantener una higiene postural con la tecnología
66.	La colaboración con otros compañeros para diseñar e implementar el SLE
67.	La colaboración con el equipo directivo para diseñar e implementar el SLE
68.	La comunicación que existe con las familias a través de la tecnología del SLE
69.	Los modelos y guías que tengo disponibles para diseñar propuestas didácticas basadas en los SLE
70.	La formación que tengo sobre SLE

“Creo que lo hicimos”

*Oppenheimer (2023)*

