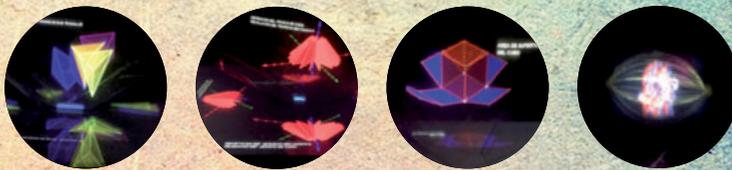




UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

DIFERENTES EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE EN CIENCIAS Y MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

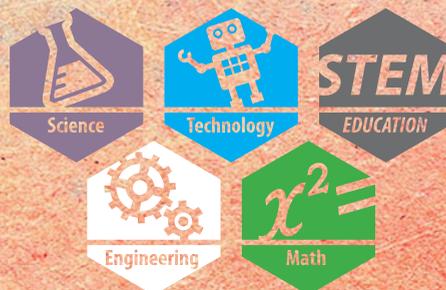


TESIS DOCTORAL

Presentada por: LARA ORCOS PALMA

Directores: DRA. CRISTINA JORDÁN LLUCH Y
DR. ÀNGEL ALBERTO MAGREÑÁN RUIZ

Valencia, marzo de 2019



EDITORIAL

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA APLICADA

Diferentes experiencias de aprendizaje en ciencias y matemáticas a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación

Marzo 2019

Autor: Lara Orcos Palma
Directores: Cristina Jordán Lluch
Ángel Alberto Magreñán Ruiz
ISBN: 978-84-09-10414-7

Cristina Jordán Lluch Profesora del Departamento de Matemática Aplicada de la Universitat Politècnica de València y Ángel Alberto Magreñán Ruiz, Profesor Contratado del Departamento de Matemáticas y Computación de la Universidad de La Rioja

HACEN CONSTAR:

Que Doña Lara Orcos Palma, Licenciada en Química y Licenciada en Bioquímica, con título de Máster en Formación de Profesorado y título de Máster en Ciencia y Tecnología Química, ha realizado, bajo nuestra dirección, el trabajo que se recoge en esta memoria para optar al título de Doctor en Matemáticas por la Universitat Politècnica de Valencia.

Asimismo, autorizamos la presentación de este trabajo ante la Universitat Politècnica de Valencia para que cumpla los trámites correspondientes.

Para que así conste a efectos legales, firmamos este documento en Valencia, a 25 de febrero de 2019.

Fdo. Cristina Jordán Lluch

Fdo. Ángel Alberto Magreñán Ruiz

Agradecimientos

A mi abuelo Carmelo.

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis directores de tesis, la Doctora Cristina Jordán Lluch y el Doctor Ángel Alberto Magreñán Ruiz. Quiero agradecerles por haberme dado las pautas para emprender este camino de investigación en didáctica de las ciencias y matemáticas y, asimismo, por su magistral dirección y sus orientaciones, en definitiva, por su tiempo y dedicación.

Agradecer al Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia y en especial al Catedrático Juan Ramón Torregrosa por aconsejarme hacer la tesis doctoral en la UPV y ayudarme con todos los trámites requeridos, sin su inestimable ayuda no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

Asimismo, agradecer a la Universidad Politécnica de Valencia por haberme dado la oportunidad de realizar mi tesis.

También considero importante agradecer su labor a todos los docentes que día a día se sacrifican por sus alumnos y adquieren un compromiso verdadero con su educación, haciéndoles ver que gracias a ella pueden conseguir todas sus metas.

Por otro lado, quiero dar las gracias a todos los investigadores de las ramas de la didáctica de las ciencias y las matemáticas, en especial a aquellos que me han servido de inspiración para realizar este trabajo. Quiero hacer especial hincapié en aquellos con los que he trabajado en las diferentes experiencias y que tanto me han ayudado durante la elaboración de la tesis.

A mi madre y a mi padre por apoyarme en esta travesía, confiar en mí y comprenderme en los momentos duros. Gracias por todo lo que me habéis dado en la vida, vuestro cariño y apoyo siempre me han dado fuerza para seguir adelante.

A mi abuelo del alma quien me dejó demasiado pronto para vivir esta experiencia conmigo, pero que sé que me observa y me transmite todo su coraje, tesón y sacrificio para no flaquear. Siempre estás en mi corazón.

También quiero dar las gracias a todas las personas que me han apoyado al interesarse por este trabajo, gracias de corazón.

Por último, a Alberto, sin él nada de esto hubiera sido posible, su ayuda, sus consejos, su grandísima paciencia y la fuerza que me transmite, hacen que cada día anhele superarme como persona en todos los sentidos.

Logroño, a 25 de febrero de 2019.

“La permanencia, perseverancia y persistencia, a pesar de todos los obstáculos, desalientos e imposibilidades, son lo que distingue las almas fuertes de las débiles”
-Thomas Carlyle

Resumen

La presente tesis doctoral se basa en un conjunto de diferentes estudios cuyo hilo conductor es el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en las áreas de ciencias y matemáticas, para conseguir aumentar los resultados de aprendizaje y la motivación de los alumnos, en relación a dichas áreas, en las etapas de educación preuniversitaria y universitaria.

El declive en la actitud hacia las disciplinas científica y matemática de los alumnos, así como los resultados que muestran informes como el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), ponen en evidencia la "crisis de la educación científica". Este es el motivo por el que es preciso que los docentes pongamos herramientas a disposición de los alumnos y planteemos nuevas metodologías de aula, con el fin de lograr que aumente su interés hacia las ciencias y las matemáticas.

Es este sentido, las TIC tienen un gran potencial ya que, a través de ellas, los alumnos, como "nativos digitales", puedan llegar al aprendizaje significativo, tal y como establece la Teoría Constructivista. Por otro lado, los docentes debemos ser conscientes de que la aplicación de las mismas debe ser de forma que sean un medio para el logro del aprendizaje, y no relegar su papel al mero uso de las mismas en las aulas, de forma que se conviertan en Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento (TAC).

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, se considera crucial la educación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) que surge con el fin de lograr en los alumnos el desarrollo de las competencias científica, matemática y tecnológica de la forma más integrada posible.

Todas las experiencias recogidas en este trabajo se encuentran o bien publicadas o bien en proceso de revisión en diferentes revistas de impacto reconocido en el área. Los estudios realizados tratan por un lado, sobre foros virtuales, metodología *flip* y el uso de un videojuego educativo, aplicadas

a la etapa universitaria y, por el otro, sobre aprendizaje colaborativo en entornos *online*, holografía y robótica, aplicadas a la etapa preuniversitaria.

La metodología se ha basado en una investigación de tipo exploratoria, pre-experimental y cuasi-experimental y de corte transversal. En todas las aportaciones se recogen los aspectos teóricos que fundamentan las experiencias llevadas a cabo y el análisis cuantitativo y/o cualitativo de los datos recogidos. En general, los resultados obtenidos en los estudios muestran un significativo aumento de los resultados de aprendizaje y de la motivación de los alumnos.

Resum

La present tesi doctoral es basa en un conjunt de diferents estudis el fil conductor dels quals és l'ús de les Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TIC), en les àrees de ciències i matemàtiques, per a aconseguir augmentar els resultats d'aprenentatge i la motivació dels alumnes, en relació a aquestes àrees, en les etapes d'educació preuniversitària i universitària.

El declivi en l'actitud cap a les disciplines científica i matemàtica dels alumnes, així com els resultats que mostren informes com el Programa per a l'Avaluació Internacional d'Alumnes (PISA), posen en evidència la "crisi de l'educació científica". Aquest és el motiu pel qual cal que els docents posem eines a la disposició dels alumnes i plantejem noves metodologies d'aula, amb la finalitat d'aconseguir que augmente el seu interès cap a les ciències i les matemàtiques.

És aquest sentit, les TIC tenen un gran potencial ja que, a través de les quals, els alumnes, com a "nadius digitals", puguem arribar a l'aprenentatge significatiu, tal com estableix la Teoria Constructivista. D'altra banda, els docents hem de ser conscients que l'aplicació de les mateixes ha de ser de manera que siguem un mitjà per a l'assoliment de l'aprenentatge, i no relegar el seu paper al mer ús de les mateixes a les aules, de manera que es convertisquen en Tecnologies para l'Aprenentatge i el Coneixement (TAC).

Tenint tot l'esmentat en compte es considera crucial l'educació STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) que sorgeix amb la finalitat d'aconseguir en els alumnes el desenvolupament de les competències científica, matemàtica i tecnològica de la forma més integrada possible.

Totes les experiències recollides en aquest treball es troben o ben publicades o bé en procés de revisió en diferents revistes d'impacte reconegut en l'àrea. Els estudis realitzats tracten d'una banda, sobre fòrums virtuals, metodologia *flip* i l'ús d'un videojoc educatiu, aplicades a l'etapa universitària i, per l'altre, sobre aprenentatge col·laboratiu en entorns *online*, holografia i robòtica, aplicades a l'etapa preuniversitària.

La metodologia s'ha basat en una investigació de tipus exploratòria, pre-experimental i quasi-experimental i de tall transversal. En totes les aportacions es recullen els aspectes teòrics que fonamenten les experiències dutes a terme i l'anàlisi quantitativa i/o qualitatiu de les dades recollides. En general, els resultats obtinguts en els estudis mostren un significatiu augment dels resultats d'aprenentatge i de la motivació dels alumnes.

Abstract

This doctoral thesis is based on a set of different studies in which the guiding thread is the use of Information and Communication Technologies (ICT), in the areas of science and mathematics, in order to increase the learning results and the motivation of students, in relation to these areas, in the stages of pre-university and university education.

The decline in the attitude towards the scientific and mathematical disciplines of the students, as well as the results showed in reports such as the Program for the International Assessment of Students (PISA), highlight the “crisis of the scientific education”. That is the reason why it is required that teachers make tools available to students and implement new methodologies with the aim of increase their interest to science and mathematics.

In this sense ICT acquire all their potential as tools through which students, as digital natives, can reach a meaningful learning, as the Theory of Constructivism establishes. On the other hand, teachers should take into account that the application of ICT should be as a medium to reach knowledge and avoid relegating their role to their mere use, so as to turn them into Learning and Knowledge Technology (LKT).

Taking into account everything commented previously, it is crucial, in this study, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education, which emerged with the aim to enable students the development of mathematics, science and technology skills from an integrated point of view.

All the experiences collected in this work are either published or in the process of being reviewed in different journals of recognized impact in the area. The studies carried out deal with virtual forums, flip methodology and the use of an educational videogame, applied to the university stage, and collaborative learning in online environments, holography and robotics, applied to the pre-university stage.

The methodology has been based on exploratory, pre-experimental and quasi-experimental and cross-sectional research. There are gathered the theoretical aspects that base the experiences carried out and the quantitative and/or qualitative analysis of the data collected, in all the contributions. In general, the results obtained in the studies show a significant increase in the learning results and the motivation of the students.

Índice general

Resumen	vi
Índice general	xiii
Índice de figuras	xvii
Índice de tablas	xxi
1 Introducción	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivos y tipo de investigación	6
1.3 Organización de la tesis	8
2 Algunos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas	13
2.1 Proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas	14
2.2 Algunos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas	17
2.2.1 Aprendizaje por descubrimiento	17
2.2.2 El cambio conceptual	19

2.2.3 Aprendizaje basado en proyectos	20
2.2.4 Aprendizaje basado en el pensamiento.	20
2.2.5 La educación STEM	21
3 Las Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a la educación	25
3.1 La era digital y su influencia en las nuevas generaciones	26
3.2 El papel de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje	27
3.3 Conceptos relacionados con las TIC	29
3.4 Integración curricular de las TIC	30
3.5 El papel de las TIC en el constructivismo.	30
3.6 La evaluación del proceso de aprendizaje con las TIC	33
3.7 Las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas.	33
3.8 Consideraciones finales	34
4 Los foros de debate virtuales como herramientas de aprendizaje colaborativo para fomentar la toma de decisiones	37
4.1 El papel de los foros virtuales en el proceso de aprendizaje.	38
4.2 Descripción de la experiencia	43
4.2.1 Objetivo	43
4.2.2 Metodología	43
4.3 Resultados y discusiones	45
4.4 Consideraciones Finales	47
5 Docencia inversa a través de vídeos para un aprendizaje significativo de contenidos de Matemática Discreta	51
5.1 Fundamentación teórica.	52
5.2 Descripción de la experiencia	53
5.2.1 Objetivos.	53
5.2.2 Metodología	54
5.3 Resultados y discusión.	57
5.3.1 Análisis de los estadísticos descriptivos	57
5.3.2 Análisis de las correlaciones entre los distintos ítems del cuestionario.	59
5.4 Consideraciones finales	61

6 Metodología colaborativa en entornos virtuales a través de la técnica del rompecabezas para el aprendizaje de las matemáticas	65
6.1 Metodologías de aprendizaje colaborativo	66
6.2 Aprendizaje colaborativo <i>online</i>	68
6.3 Descripción de la experiencia	69
6.3.1 Objetivos	69
6.3.2 Metodología	70
6.4 Resultados y discusión	77
6.4.1 Comparación entre el grupo control y experimental	77
6.4.2 Resultados de la valoración del empleo de la técnica <i>Jigsaw II</i> en un entorno virtual	79
6.4.3 Evaluación global del alumnado del grupo experimental	79
6.5 Consideraciones finales	80
7 Videojuegos educativos para el aprendizaje de geometría euclidiana	83
7.1 Gamificación en las aulas y videojuegos con fines educativos	84
7.2 El juego Euclid	87
7.3 Descripción de la experiencia	88
7.3.1 Objetivos	88
7.3.2 Metodología	88
7.4 Resultados y discusión	96
7.4.1 Resultados de los estadísticos descriptivos del pre-test	96
7.4.2 Resultados de los estadísticos descriptivos del post-test	97
7.4.3 Resultados de los estadísticos descriptivos del nivel de logro en el juego	98
7.4.4 Correlaciones entre el nivel de logro y los resultados de la evaluación final	99
7.5 Consideraciones finales	100
8 Experiencias con el holograma como medio de enseñanza en ciencias y matemáticas	103
8.1 Fenómeno de la holografía	105
8.2 El holograma como medio de enseñanza	109
8.3 Descripción de las experiencias	111
8.3.1 Uso del holograma en el aprendizaje de conceptos de división celular	111
8.3.2 Uso del holograma en el aprendizaje de conceptos de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos	129

8.4 Consideraciones finales	154
9 Estudio sobre motivación y competencias STEM vinculadas a la robótica educativa	157
9.1 Aplicación didáctica de la RE para el desarrollo de las competencias STEM.	159
9.2 LEGO® Mindstorms®	161
9.3 Descripción de la experiencia	162
9.3.1 Objetivos.	163
9.3.2 Metodología	163
9.4 Resultados y discusión.	165
9.4.1 Análisis descriptivo de los resultados.	165
9.4.2 Análisis de las correlaciones entre los distintos ítems del cuestionario.	172
9.5 Consideraciones finales	174
10 Conclusiones y líneas futuras	177
10.1 Valoración del nivel de logro del objetivo general	177
10.2 Valoración del nivel de logro de los objetivos específicos	178
10.3 Valoración del nivel de logro de los objetivos educativos, psicológicos y sociales.	184
10.4 Futuras líneas de trabajo	185
A Méritos	189
A.1 Publicaciones	189
A.1.1 Artículos científicos vinculados con la tesis.	189
A.1.2 Capítulos de libro vinculados con la tesis	190
A.1.3 Otras publicaciones en educación: Artículos científicos.	190
A.1.4 Otras publicaciones en educación: Capítulos de libro	191
A.1.5 Otras publicaciones: Artículos científicos	191
A.1.6 Otras publicaciones: Capítulos de libro	192
A.2 Congresos	192
A.2.1 Congresos vinculados con la tesis	192
A.2.2 Otros congresos	192
A.3 Otros méritos	193

Índice de figuras

5.1	Resultados de la preferencia entre la metodología <i>flip</i> y la tradicional.	57
6.1	Esquema de la implementación de la técnica <i>Jigsaw II</i> para el supuesto de 4 grupos.	76
6.2	Diagrama de medias entre el grupo control y experimental en ambos test.	77
7.1	Porcentajes por rango de calificaciones (suspense ([0-2,5)), aprobado ([2,5-3,0)), bien ([3-3,5)), notable ([3,5-4,5)) y sobresaliente([4,5-5)) en el pre-test.	97
7.2	Porcentajes por rango de niveles (suspense ([0-2,5)), aprobado ([2,5-3)), bien ([3-3,5)), notable ([3,5-4,5)) y sobresaliente([4,5-5)) en el post-test.	98
7.3	Porcentajes de logro de cada nivel.	99
8.1	Proceso de formación del holograma: onda del objeto. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf	105
8.2	Proceso de formación del holograma: registro. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf	106
8.3	Proceso de formación del holograma: reconstrucción. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf	106
8.4	Representación teatral de mediados del siglo XIX en la que se usa la técnica "Fantasma Pepper". Fuente: https://alpoma.net/tecob/?p=1127	107

8.5	Tipos de primas holográficos. Fuente: http://makermondaybrum.tumblr.com/post/127496828801/hacking-peppers-ghost	108
8.6	Ejemplo del resultado de la edición de un vídeo para la proyección con un prisma piramidal. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=bfZNDO2R2Ac	108
8.7	Armado del prisma piramidal para holograma de 360°.	121
8.8	Resultado del uso del holograma.	121
8.9	Resultados del pre-test.	123
8.10	Resultados de la prueba U de Mann Whitney para el contraste de medias en grupos independientes.	124
8.11	Estadísticos descriptivos del grupo control (1) y del grupo experimental (2).	124
8.12	Gráfico de comparación del porcentaje de respuestas correctas de ambos post-test.	125
8.13	Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: definición de holograma.	127
8.14	Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: fenómeno de la luz que lo produce.	128
8.15	Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: integración del holograma en otras asignaturas.	129
8.16	Imagen del cálculo del volumen del cilindro del vídeo desarrollado para proyectarlo con el holograma.	144
8.17	Imagen del resultado de la proyección del vídeo con el holograma para la visualización del área lateral del cubo a través de la descomposición.	144
8.18	Porcentajes de aciertos globales en el pre-test, conjunto para el grupo control y experimental.	146
8.19	Gráfico de comparación del porcentaje de respuestas correctas de ambos post-test, control y experimental.	148
8.20	Resultados de los porcentajes de respuestas de alumnos de los grupos experimental (arriba) y control (abajo) en las preguntas 6, 8 y 14. En gris, alumnos que han respondido mal a todas opciones, en naranja, alumnos que han respondido alguna de las opciones y en azul, alumnos que han respondido bien a todas las opciones.	149

8.21	Resultados de la experiencia de usuario sobre: el conocimiento del fenómeno físico en el que se basa el holograma (arriba izquierda), su posible aplicación a otras áreas (arriba derecha), la recomendación del holograma como medio de enseñanza (abajo izquierda) y el aspecto les ha gustado más (abajo derecha).	151
8.22	Resultados de los valores medios de los ítems de escala tipo Likert de la experiencia de usuario en el grupo experimental.	153
9.1	Porcentajes de motivación de los docentes para formar parte del proyecto. . . .	166
9.2	Porcentajes de valoración, por parte de los docentes, de los aspectos desarrollados por los alumnos en el proyecto.	167
9.3	Porcentajes de valoración de los aspectos desarrollados en el proyecto por parte de los alumnos.	169
9.4	Porcentajes de valoración del grado de motivación en cada parte del proyecto de los docentes (arriba) y alumnos (abajo).	170
9.5	Porcentajes de valoración de los docentes sobre las dificultades de los alumnos en el proyecto.	171
9.6	Porcentajes de valoración de los alumnos sobre sus propias dificultades en el proyecto.	172

Índice de tablas

4.1	Inconvenientes y posibles soluciones planteadas en el uso de los foros virtuales.	42
4.2	Clasificación de los tipos de respuestas en los foros de discusión.	42
5.1	Resultados de valores medios de algunos ítems.	58
5.2	Estudio de las correlaciones (Rho de Spearman, * correlación significativa al nivel 0,05 y ** correlación significativa al nivel 0,01) entre los ítems del cuestionario de los alumnos de MAD distinguiendo entre alumnos que prefieren <i>flip</i> y los que no (C.C. es coeficiente de correlación y sig. es significacion).	60
6.1	Valores de Ganancia Media Normalizada para ambos grupos.	78
6.2	Pruebas estadísticas usadas en este estudio.	78
7.1	Contenidos trabajados en cada pregunta del pre-test y post-test.	89
7.2	Estadísticos descriptivos de las calificaciones de la muestra en el pre-test.	96
7.3	Estadísticos descriptivos de las calificaciones de la muestra en el post-test.	97
7.4	Estadísticos descriptivos de los niveles alcanzados en el juego.	98
7.5	Correlaciones entre el nivel de logro y los resultados de la evaluación final.	99

8.1	Comparación del porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en la pregunta 30 del post-test en el grupo control y experimental.	127
8.2	Estadísticos descriptivos de los grupos control y experimental.	147
8.3	Resultados de la prueba T de Student para el contraste de medias en grupos independientes.	147
8.4	Resultados de las correlaciones entre los distintos ítems valorados con escala tipo Likert (** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral), *La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)). C.C. es coeficiente de correlación y sig. es significatividad.	152
9.1	Valores medios de los ítems del cuestionario de los docentes.	166
9.2	Valores medios de los ítems del cuestionario de los alumnos.	168
9.3	Resultados de la prueba de correlación entre los distintos ítems del cuestionario de los docentes (**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas) *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)). C.C. representa Coeficiente de Correlación y Sig. representa la significatividad.	173
9.4	Resultados de la prueba de correlación entre los distintos ítems del cuestionario de los alumnos (**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas) *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)). Í. representa ítem, C.C. representa Coeficiente de Correlación y Sig. representa la significatividad.	173

Capítulo 1

Introducción

La presente tesis doctoral se basa en una serie de estudios llevados a cabo en el área de la didáctica de las ciencias y las matemáticas en diferentes niveles educativos y está avalada por diferentes publicaciones en revistas de reconocido prestigio dentro del área. Las citas a cada una de dichas publicaciones aparecen recogidas más abajo, así como en cada uno de los capítulos de la tesis.

En este capítulo inicial se presenta una breve introducción en la que se incluye la justificación de la tesis, se presentan los objetivos y la investigación llevada a cabo, en relación a la temática de las publicaciones recogidas, y se explica la organización de los capítulos, haciendo alusión a la relación temática que existe entre ellos, así como a los resultados obtenidos, que han sido publicados en revistas o editoriales indexadas en las principales bases de datos del área.

1.1 Justificación

La elección de la temática de investigación surge por un interés personal de compromiso con la educación en materias de matemáticas y ciencias. El desinterés de la sociedad por estas disciplinas se debe, sin duda alguna, a la falta de inquietud o comprensión de los fenómenos, tal y como refleja la IX Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología [1], donde queda constatado que la valoración media de interés por la ciencia es de 3,11 puntos sobre 5.

Lo cierto es que, en muchas ocasiones, el ser humano quiere saber el para qué de tales fenómenos, su utilidad, pero le interesa poco conocer por qué ocurren. Si se traslada este hecho a los jóvenes de la sociedad actual, la cuestión resulta verdaderamente alarmante. La educación basada en

competencias establecida por autores como en Stoof, Martens, Van Merriënboer y Bastiaens en [2] tiene como fin atender a las necesidades, las potencialidades y los distintos estilos de aprendizaje de los alumnos, de manera que puedan desarrollar habilidades que les permitan hacer frente al mundo laboral de forma eficaz, es decir, logrando los objetivos de manera eficiente y obteniendo el resultado deseado en el tiempo estipulado, optimizando, asimismo, los recursos y procedimientos. Las disciplinas científicas y relativas a las matemáticas están lejos del interés de los alumnos, como reflejan distintos informes, por ejemplo el del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, de sus siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En el último informe español publicado hasta la fecha, correspondiente a 2016, que recoge los últimos resultados publicados de PISA 2015 [3], donde se definen las competencias científica y matemática como:

- Competencia científica: la habilidad para interactuar con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo.
- Competencia matemática: la capacidad del individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en distintos contextos. Incluye el razonamiento matemático y la utilización de conceptos, procedimientos, datos y herramientas matemáticas para describir, explicar y predecir fenómenos.

En relación a los resultados obtenidos en España, el informe muestra que el rendimiento educativo en ciencias está en el mismo nivel que la media de la OCDE con 493 puntos y, en el caso de las matemáticas, 4 puntos por debajo del promedio de la OCDE, con 490 puntos [4]. Tales puntuaciones están dentro del nivel 3 que la OCDE establece en relación a los niveles de desarrollo de las competencias, científica y matemática respectivamente, valoradas del 1 al 6. Como es de entender, éstos son resultados medios que varían notablemente en función de varios aspectos como son la comunidad autónoma, el género, el porcentaje de inmigración, la titularidad de los centros o el porcentaje de alumnos repetidores.

En el caso de las ciencias, el nivel 3 implica que:

El alumno es capaz de trabajar con contenido sustantivo moderadamente complejo para identificar o elaborar explicaciones sobre fenómenos conocidos. Es capaz de sacar algunas conclusiones a partir de diferentes fuentes de datos, en una variedad de contextos, y puede describir y explicar en parte las relaciones causales simples. Puede transformar e interpretar datos simples y es capaz de hacer comentarios sobre la fiabilidad de las demandas científicas. Distingue entre lo que es científico y lo que no, e identifica algunas pruebas que apoyen un enunciado científico. [4, pág. 64].

En el caso de matemáticas el nivel 3 implica que:

Los alumnos saben ejecutar procedimientos descritos con claridad, incluyendo aquellos que requieren decisiones secuenciales. También pueden seleccionar y aplicar

estrategias de solución de problemas sencillos. Los alumnos de este nivel saben interpretar y utilizar representaciones basadas en diferentes fuentes de información y razonar directamente a partir de ellas. Son también capaces de elaborar breves escritos exponiendo sus interpretaciones, resultados y razonamientos. [4, pág. 93].

En el informe PISA de 2015 se recoge, asimismo, el estudio de las actitudes específicas de los alumnos hacia las ciencias y las matemáticas y los resultados son un poco alarmantes. A nivel global, se advierte una preocupación que resulta creciente sobre la poca proporción de alumnos, y especialmente de alumnas, que tienen la intención de dedicarse a carreras de ciencias en el futuro. En España, un 28,6% de los alumnos de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria aspira a cursar carreras relacionadas con la ciencia, la matemática y la tecnología [4].

En torno a los 12 años, cuando los alumnos pasan de la etapa de Educación Primaria a la de Educación Secundaria, es cuando el fracaso escolar, la falta de motivación y el desinterés por las asignaturas en general se hacen muy latentes. Son varios los motivos que sustentan el poco interés hacia las ciencias y las matemáticas [5], llevando a “la crisis de la educación científica”. Entre ellos encontramos las preconcepciones arraigadas en los alumnos, las cuales pueden venir del lenguaje cotidiano o del proceso automático en la enseñanza, en base al cual los alumnos realizan los problemas sin ser capaces de hacer una adaptación a nuevas situaciones, llevándoles al bloqueo y a la frustración momentánea, que se traducen en una desmotivación y falta de interés.

Otros motivos son, por ejemplo, la amplitud del currículum de ciencias y matemáticas, lo que conlleva a que muchos contenidos, por no decir la mayoría, se impartan con el único propósito de que el alumno supere un examen, implicando que no se desarrolle un aprendizaje significativo.

Otro estudio, [6], muestra que el hecho de que estas asignaturas se impartan de forma fragmentada no es un aspecto positivo para el aprendizaje de las mismas. En las aplicaciones prácticas de la vida cotidiana, queda patente la interrelación presente entre las distintas disciplinas científicas, matemáticas, física, química, biología, geología y tecnología. Por tal motivo, la labor del docente no ha de ir enfocada únicamente a que se adquieran los conocimientos de cada una de ellas por separado, sino a que el alumno aborde una serie de competencias científicas que le sean útiles para su vida cotidiana de forma interdisciplinar.

Tal y como queda recogido en [7], es preciso tener en cuenta que la relación entre la motivación y el logro académico no está influenciada únicamente por factores cognitivos, si no que las conductas relacionadas con el rendimiento en el aula de los alumnos son las que más influencia tienen.

El mundo en el que nos movemos es científico y tecnológico, todos los jóvenes tienen móviles, pero a la mayoría no le interesa cómo investigan los científicos para obtener nuevos materiales que permitan diseñar móviles con mejores prestaciones. Lo mismo ocurre con los coches, los fármacos, los cosméticos, etc. La cuestión que debemos plantearnos es, ¿realmente son culpables de no mostrar interés por estos asuntos? ¿El ser humano puede mostrar interés por algo que desconoce completamente? Es ahí donde entra el papel del docente. Pozo y Gómez afirman que “los

alumnos no están motivados porque no aprenden y no aprenden porque no están motivados" [5, pág. 45].

La teoría motivacional de Weiner, que puede verse en [8], explica que la motivación depende de las expectativas de lograr una meta y del valor que tenga esa meta para nosotros. El autor comenta que las atribuciones causales que expresan las creencias personales sobre los propios éxitos o fracasos, determinan la motivación en primera instancia, ya que influyen en las expectativas, en las relaciones afectivas y, por lo tanto, en el rendimiento y los resultados.

El desinterés mostrado por los alumnos está estrechamente ligado a la metodología de enseñanza-aprendizaje utilizada, que no contempla el que los alumnos deben entender, por ejemplo, la funcionalidad de las matemáticas, donde conceptos complejos y abstractos tienen cabida en el mundo real [9].

Los libros explican contenidos con palabras e imágenes que, en la mayoría de las veces, no se entienden porque se muestran desde un punto de referencia concreto, lo que se entiende como el "fenómeno ostensivo", que no le permite al estudiante imaginar y entender los conceptos claramente. Entre las teorías que buscan dar soluciones pedagógicas a la manera de enseñar en el aula, encontramos el constructivismo de Piaget, según la cual las personas aprenden de manera constante a partir de procesos de desarrollo y adaptación. Así, las nuevas metodologías en educación, fundamentadas en el constructivismo, sustentan que la labor del docente sea la de profesional de ayuda, es decir, aquel que sirve de guía en el proceso de aprendizaje del alumno, orientándole en su camino y ayudando a fomentar en él el aprendizaje significativo, que es, en realidad, el verdadero aprendizaje puesto que parte de la motivación personal.

Por otro lado, la tecnología proporciona potentes herramientas a los alumnos, además de permitir variar las clases e individualizar el aprendizaje. Resulta interesante resaltar que la autenticidad del material, es decir, la concordancia entre las intenciones del autor de la tarea y la interpretación que el alumno haga de ella, hace que el profesor se sienta más cómodo con el uso de la tecnología. El alumno evidencia el proceso de reflexión significativa y de creación de conocimiento holístico cada vez más complejo y elaborado, en base al logro competencial [5]. De esta manera, el alumno, más que adquirir conocimiento, toma el protagonismo de la construcción del mismo, asumiendo un papel activo, autónomo, autorregulado y, por lo tanto, tiene el control del aprendizaje.

Se pretende partir de la idea de que el ser humano es un ser social y como tal tiene que aprender. Por tal motivo, se debe promover la colaboración para la construcción del conocimiento [10]. Trabajar con otros estudiantes brinda una experiencia real de trabajo en grupo y permite utilizar las habilidades metacognitivas, haciendo que el estudiante aprenda de las fortalezas de otros. Se debe articular un procedimiento para llegar a un descubrimiento guiado, en donde los estudiantes tengan la posibilidad de tomar decisiones por sí mismos sobre sus metas de aprendizaje, en el cual el profesor actúa como guía.

La colaboración entre alumnos conduce a potenciar en ellos una serie de valores, tales como el respeto, la tolerancia, la generosidad, etc., y resulta un instrumento crucial para la docencia de hoy en día, en la que la diversidad de alumnos está cada vez más presente en las aulas.

Es preciso lograr romper esas barreras ante las cuales el alumno se queda aislado y pasivo por miedo a cometer errores. Los alumnos deben aprender a pedir ayuda cuando la necesitan y saber otorgarla cuando se les es requerida. No hay que centrarse en evitar cometer errores, ya que el ser humano aprende a base de ellos, se trata de hacer óptima la forma de aprender y maximizar en ello los esfuerzos.

El docente pasa a tener un papel de ayuda y, por lo tanto, resulta crucial una buena relación profesor-alumno que promueva una actitud activa en la que el profesor tenga la misión de hacer que éste abra su mente para lograr un aprendizaje significativo basado en la reflexión.

Bajo tales premisas, resulta clave destacar que para la adquisición del conocimiento es fundamental la experiencia, el contacto con el mundo que nos rodea, puesto que es la única manera en la que el aprendizaje será significativo. Este aspecto es más patente aún en el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas debido a que, aunque para la mayor parte del alumnado resulten más arduas de aprender, su carácter práctico hace que se comprendan mejor que las asignaturas meramente teóricas.

Es preciso mencionar que la ciencia y la matemática surgen de la necesidad del hombre de hacer representaciones de la realidad que le rodea y, por ello, su sentido máximo es la aplicabilidad de las mismas. La forma en la que se enseñan estas disciplinas en los colegios discrepa bastante de la misión que tienen, empezando por el hecho de que los tiempos cambian. Estudios sobre las representaciones de la ciencia en contextos educativos, como por ejemplo el recogido en [11], muestran que es importante que los alumnos lleven a cabo una representación de los conceptos en grupos de trabajo colaborativo, en base a la cual construyan su propio conocimiento sobre temas de índole científica que les resulten desconocidos. Por tal motivo, es necesaria la interacción con otros sujetos, ya que la representación que un individuo hace de los objetos tiene su origen en el intercambio social.

Actualmente, disponemos de muchos recursos que pueden ayudar al docente a que sus alumnos lleguen al conocimiento científico a través de la aplicabilidad, dejando atrás el hecho de explicar los contenidos a través de metodologías tradicionales en las que siempre se comienza partiendo de arduas teorías.

Por otro lado, la sociedad del conocimiento en el ámbito educativo, exige una re-alfabetización digital integral. Potenciar las competencias digitales es fundamental para la intervención del acceso a la información y el conocimiento. Los alumnos están acostumbrados a tratar con aparatos tecnológicos, son "nativos digitales", y las herramientas simples ya no son de interés para ellos.

En base a esto, resulta crucial aplicar en las aulas la metodología pedagógica STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) ya que pretende abordar el aprendizaje interdisciplinar en base a la resolución de proyectos, de forma colaborativa. Este tipo de metodología aporta importantes beneficios cuando se lleva a cabo de forma adecuada, puesto que permite transferir los conocimientos y habilidades del alumno al mundo real en el que vive, confiriendo un aprendizaje significativo, en el que la motivación juega un papel muy importante.

1.2 Objetivos y tipo de investigación

Los objetivos de esta tesis se han dividido en objetivo general, objetivos específicos y objetivos educativos, psicológicos y sociales.

El objetivo general consiste en la investigación del efecto de la aplicación de diferentes Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) utilizadas en ciencias y matemáticas, especialmente en matemáticas, y su contribución a la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje y a la motivación, en las etapas educativas preuniversitaria y universitaria.

Para alcanzar este objetivo, se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Revisar algunos de los modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas desde el enfoque constructivista.
- Comprender y valorar el papel de las TIC desde el paradigma constructivista, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas.
- Analizar el valor de la comunicación asíncrona entre profesor y alumno a través de la herramienta de foros virtuales aplicados a las ramas de ingeniería y de matemáticas en una muestra de alumnos de nivel universitario.
- Desarrollar una metodología de clase inversa en la disciplina de matemáticas y analizar las apreciaciones del uso de la misma por parte de los alumnos de una muestra de nivel universitario.
- Implementar y evaluar el proceso de aprendizaje a través de la metodología colaborativa puzzle en un entorno virtual en una muestra de alumnos de matemáticas de Educación Secundaria.
- Poner en marcha el uso de un videojuego educativo para el aprendizaje de geometría euclidiana y analizar su contribución en el proceso de enseñanza-aprendizaje en una muestra de alumnos de matemáticas de nivel universitario.
- Desarrollar una metodología de uso del holograma como medio de enseñanza y analizar su contribución en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, así como la experiencia de usuario, en muestras de alumnos de Educación Secundaria, desde el enfoque de la educación STEM.
- Conocer y analizar las valoraciones de los alumnos y docentes participantes en un proyecto de Robótica Educativa en términos de su utilidad como recurso para el desarrollo de competencias STEM y motivación en Educación Secundaria.

La tesis también alberga objetivos educativos, psicológicos y sociales ya que lleva implícitos unos propósitos que implican unas consecuencias de tipo pragmático, desde un punto de vista pedagógico, didáctico y cognitivo. Desde el punto de vista pedagógico, los objetivos tienen como

finalidad contribuir a la mejora del proceso de aprendizaje a través de la creación de ambientes propicios en los que el alumno esté más motivado hacia el logro del mismo. A nivel didáctico, los objetivos pretenden desarrollar e implementar una serie de metodologías y herramientas para la mejora del proceso de enseñanza de los docentes y aprendizaje de los alumnos. Por último, desde el punto de vista cognitivo, los objetivos pretenden contribuir a potenciar las capacidades mentales de los alumnos, de manera que sean ellos quienes logren el aprendizaje significativo y basado en el logro competencial.

La investigación que se ha desarrollado para cubrir todos los objetivos planteados se ha basado en la utilización de varias metodologías de análisis de datos en base a un enfoque principalmente cuantitativo. Para ello, se han empleado distintas muestras comprendidas entre la etapa preuniversitaria y universitaria y se han usado diferentes instrumentos de recogida de información para poder abordar los análisis de datos.

Teniendo en cuenta las diferentes clasificaciones de las investigaciones, la que se ha llevado a cabo en este conjunto de estudios, se puede categorizar atendiendo al:

1. Objetivo: se puede decir que la investigación es de tipo aplicada, ya que se centra en el desarrollo de distintas estrategias con el fin de lograr un objetivo concreto que, en este caso, consiste en la mejora del proceso de aprendizaje y la motivación hacia las asignaturas de ciencias y matemáticas a través de las TIC.
2. Nivel de profundización en el objeto de estudio: la investigación es de tipo exploratorio, ya que la mayor parte de las aportaciones recogidas pretenden un primer acercamiento al uso de las distintas herramientas y metodologías que podrá ampliarse posteriormente a fin de lograr una investigación descriptiva lo más completa posible que permita explicar los fenómenos.
3. Tipo de datos empleados: la investigación es en su mayor parte cuantitativa, ya que se basa en procedimientos de medición de datos cuantificables. Además, hay algún tipo de análisis más cualitativo, en alguna de las aportaciones, centrado principalmente en aspectos descriptivos.
4. Grado de manipulación de las variables: la investigación llevada a cabo es de tipo pre-experimental en algunas de las aportaciones y de tipo cuasi-experimental en otras, ya que aunque se manipulan las variables para obtener información de ellas, como en la investigación experimental, no se trabaja con muestras de la población totalmente aleatorias, puesto que se ha tratado de estudios piloto en unas muestras concretas.
5. Tipo de inferencia: la investigación es inductiva, dado que se han obtenido conclusiones a partir de los datos recogidos sobre hechos observables, pero no se puede considerar deductiva al no poderse establecer generalidades por tratarse de estudios piloto.
6. Periodo de tiempo: la investigación es de corte transversal, ya que los datos han sido obtenidos en un momento concreto y no en un periodo en el tiempo. Las posteriores

investigaciones empleando cada herramienta en las mismas muestras, permitirán un estudio de corte longitudinal.

1.3 Organización de la tesis

Los capítulos de este trabajo se basan, principalmente, en contenidos publicados en revistas o editoriales indexadas en el área.

En el Capítulo 2 se recoge una fundamentación teórica sobre algunos de los modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas existentes bajo el paradigma constructivista, citando a los autores más relevantes. Para ello, inicialmente se introducen los aspectos más importantes dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas, según los enfoques psicológico, metodológico y epistemológico, para pasar a la posterior descripción de cada modelo.

El Capítulo 3 está dedicado a las ideas claves del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en educación, especialmente en las áreas de ciencias y matemáticas. Primeramente se explican los cuatro grandes paradigmas en los que se engloba el uso de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje. A continuación, se establece la terminología relativa a las TIC y su papel en el enfoque constructivista, así como el uso de las mismas en ciencias y matemáticas. Parte del contenido de este capítulo se ha publicado en:

[12] N. Arís y L. Orcos. "ICTs and School Education." *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 3. (4) (2015), págs. 13-16.

En los siguientes capítulos se recogen experiencias concretas realizadas en el nivel universitario (Capítulos 4, 5 y 7) y en Educación Secundaria (Capítulos 6, 8 y 9) que, en general, se han basado en un aprendizaje colaborativo. Señalar que las herramientas y metodologías propuestas podrían ser aplicadas en niveles distintos a los niveles en que se han desarrollado. Los Capítulos 4 y 6 recogen resultados de la implementación de metodologías colaborativas en entornos *online* para la mejora del proceso de aprendizaje a través de los foros virtuales y el entorno Google[®], respectivamente. Los Capítulos 5, 7, 8 y 9 recogen resultados de la implementación de metodologías y herramientas para el aumento de la implicación de los alumnos en el aula.

El Capítulo 4 alberga dos experiencias en las que se utilizan los foros virtuales como herramienta, a través de una metodología basada en el enfoque constructivista, en las ramas de ingeniería y matemáticas en un nivel universitario. Para ello, se recogen las ideas clave del papel de los foros virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos colaborativos para pasar, posteriormente, a describir las experiencias llevadas a cabo. Parte de los resultados de este estudio se encuentran publicados en el artículo:

[13] J. I. Castillo, L. Orcos, y J. J. Rainer, "Virtual Forums as a Learning Method in Industrial Engineering Organization." *IEEE Latin America Transactions* 14. (6) (2016), págs. 3023-3028.

En el Capítulo 5 se incluye una experiencia que se basa en el uso de la metodología de clase inversa, a través de vídeos, en la asignatura de Matemática Discreta en nivel universitario. Se

comentan los principales aspectos en los que se basa esta metodología y, a continuación, se expone la experiencia realizada. Los resultados de esta investigación están en proceso de evaluación para su publicación.

El Capítulo 6 recoge una experiencia en la que se usa una metodología de aprendizaje colaborativo, conocida como puzle o rompecabezas, en un entorno *online* en el área de matemáticas en la etapa de Educación Secundaria. En primer lugar, se incluyen los aspectos más relevantes y las principales técnicas del aprendizaje colaborativo, así como las claves para su implementación en entornos virtuales para, a continuación, describir la experiencia llevada a cabo. Los resultados de este estudio se encuentran publicados en el siguiente artículo:

[14] L. Orcos, R. Arias, N. Aris, N. y Á. A. Magreñán. "Collaborative learning: implementation of *Jigsaw* technique in Google." *2nd. International conference on higher education advances (HEAD'16)*. Editorial Universitat Politècnica de València. 2016, págs. 373-380. DOI: 10.4995/HEAD16.2016.277.

En el Capítulo 7 se presenta una experiencia sobre el uso de un videojuego como herramienta educativa para el aprendizaje de geometría euclidiana en nivel universitario. Para ello, se exponen las principales ideas sobre el empleo de la gamificación en las aulas y el uso de videojuegos, pasando después a describir la experiencia realizada. Los resultados de este estudio se recogen en el artículo:

[15] I. Sarría, R. González, Á. A. Magreñán, S. P. Narváez, y L. Orcos "Games Math. Adaptive Video Game to Evaluate Basic Mathematic Concepts." *In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 734. 2017, págs. 27-35. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4

El Capítulo 8 recoge dos experiencias en las que se usa el holograma como medio de enseñanza de las ciencias y las matemáticas en la etapa de Educación Secundaria. Se exponen inicialmente las principales ideas de la fundamentación del fenómeno de la holografía y las bases teóricas que la establecen como medio de enseñanza y, seguidamente, se describen las experiencias llevadas a cabo para trabajar contenidos de división celular y de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos. Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo se encuentran publicadas en:

[16] L. Orcos, N. Aris, C.E. Fernández y Á. A. Magreñán. Holographic Tools for Science Learning. *In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 734. 2017, págs. 36-45. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4.

[17] L. Orcos y Á. A. Magreñán. "The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents." *Int. J. Learning Technology* 13. (2) (2018), págs. 163-177.

[18] L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "Uso del holograma como herramienta para trabajar contenidos de geometría en Educación Secundaria." *Pensamiento Matemático* 3. (2) (2018), págs. 91-100.

[19] L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "3D visualization through the Hologram for the Learning of Area and Volume Concepts." *Mathematics* 7. (3) (2019), 247, DOI: 10.3390/math7030247.

Por último, en el Capítulo 9, se incluyen los resultados de las valoraciones de alumnos y docentes que han participado en un proyecto de Robótica Educativa sobre sus impresiones acerca de lo que ésta supone para el logro de competencias STEM, entre otras cuestiones. Inicialmente se describen los principales aspectos teóricos sobre el uso de robótica en educación para pasar, posteriormente, a describir la experiencia. Además, se han presentado las siguientes aportaciones de la investigación en:

[20] N. Arís, y L. Orcos. "La Robótica Educativa: competencias STEM y creatividad." *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* Vol. 2018. Adaya Press, 2018, pág 99. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.

[21] N. Arís, y L. Orcos. "Campeonato Robótica Educativa: un estudio en la secundaria." *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* Vol. 2018. Adaya Press, 2018, pág 100. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.

[22] N. Arís, y L. Orcos. "Educational Robotics in the stage of Secondary Education: empirical study on motivation and STEM skills." *Education Sciences* (2019), Aceptado.

Capítulo 2

Algunos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas

Según los métodos tradicionales de enseñanza, basados en el enfoque del empirismo, los conceptos se presentan a los estudiantes como entes existentes, comenzando por los principios fundamentales, para pasar posteriormente a abarcar conceptos más complejos y abstractos. Por lo tanto, el profesor tan solo tiene que enseñar tales conceptos a los alumnos y asegurar la asimilación de los mismos a través de las tareas para casa y los exámenes. Este tipo de proceder implica que el alumno aprenda los conceptos abstractos de forma concreta, por lo que no llega a comprender la relevancia de los mismos en el mundo que le rodea.

Las competencias matemática y científica se relacionan con la capacidad de poder reconocer dónde están presentes tales disciplinas en la vida cotidiana, sabiendo resolver las situaciones que se presenten, a partir de la pertinente recogida de información y a través de un razonamiento adecuado. El logro de estas competencias en los alumnos ha de implicar el aprendizaje significativo de los conceptos, de forma que se comprendan verdaderamente.

En este capítulo se recogen las características generales de algunos de los principales modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas que existen en la actualidad, bajo el paradigma del constructivismo, para el logro del aprendizaje por competencias.

2.1 Proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas

Las ciencias y las matemáticas resultan cruciales para poder preparar a los jóvenes de la sociedad contemporánea, ya que permiten al ser humano tener conocimiento del mundo que le rodea. Este es precisamente el motivo por el que surgieron los objetos matemáticos y científicos, es decir, por la necesidad del ser humano de comprender el mundo. Tal y como comenta Bishop en [23], fueron seis las actividades básicas que llevaron al ser humano al desarrollo de la ciencia y la matemática y son contar, localizar, medir, diseñar, jugar y explicar.

Contar hace referencia al razonamiento cuantitativo, las estimaciones y la manipulación de cantidades, localizar está relacionado con el posicionamiento de los cuerpos en el espacio, medir permite ordenar, comparar y cuantificar valores, diseñar requiere de la visualización, la interpretación y la imaginación desarrollando pautas y representaciones, jugar como actividad social, requiere de unas normas, estrategias, cooperación y competición y, por último, explicar se entiende como la forma de concretar unas ideas a través del discurso, de manera que se desarrolle el razonamiento verbal y el pensamiento lógico.

Se pueden considerar tres puntos de vista a partir de los cuales se pueden enseñar las ciencias y las matemáticas: enfoque psicológico, enfoque metodológico y enfoque epistemológico.

- El enfoque psicológico se basa en las teorías a partir de las cuales el alumno llega al aprendizaje, y son el conductismo y la teoría cognitiva:
 - Según el conductismo, el conocimiento llega desde el exterior y se basa en una serie de técnicas y datos que hay que aprender de memoria, de forma que el libro de texto resulta un material básico indispensable. Está relacionado con el trasvase de saberes que propone la enseñanza directa y el error se considera como un fracaso del proceso de memorización. Esta vertiente premia el individualismo ante la cooperación.
 - Según el cognitivismo, el conocimiento llega desde el interior a partir del establecimiento de relaciones entre lo que se conoce y lo nuevo, de forma que juegan un papel fundamental los conocimientos previos de los alumnos, y el aprendizaje implica cambios en las pautas de pensamiento. Bajo este enfoque, la memoria también se ejercita, pero en base al establecimiento de relaciones. El libro es un apoyo y se fomenta el aprendizaje cooperativo, de manera que aprender resulta un proceso divertido que ayuda a desarrollar capacidades individuales y habilidades en grupo.
- El enfoque metodológico se basa en la forma de enseñar y establece que puede ser a través de una enseñanza directa o por descubrimiento:
 - Por enseñanza directa: se produce un trasvase de saberes del docente al alumno de forma que este último tan solo escucha y reproduce. Este tipo de enseñanza se

caracteriza por una exposición muy clara por parte del docente, por la realización de ejercicios tipo de forma reiterada y por la evaluación en base a esos ejercicios.

- Por enseñanza por descubrimiento: los alumnos son quienes han de llegar a ese conocimiento a través de situaciones o problemas que el docente le presenta y que deben estar, en cierto modo, relacionados con la vida cotidiana, de forma que el alumno tenga un hilo del que tirar. La clase es más descentralizada, de manera que cada alumno llega al conocimiento trabajando a su propio ritmo.
- Según el enfoque epistemológico, hay tres formas de poder entender el proceso de aprendizaje de las ciencias y las matemáticas:
 - Enfocado desde el punto de vista de la necesidad del alumno para usarlas en su día a día, lo cual, en el caso de las matemáticas implicaría que sepa sumar, restar, medir e interpretar figuras, es decir, como si se tratase de una herramienta que se aplica bajo unas reglas fijas. Este enfoque no permite al alumno entrar en supuestos ni razonar el porqué de la aplicación de tales algoritmos.
 - Enfocado desde el punto de vista de la adquisición de lenguajes formales, es decir, conseguir que el alumno se habitúe al uso de axiomas y definiciones, de forma que no se potencia el razonamiento crítico y reflexivo.
 - Enfocado en el desarrollo de habilidades genéricas que les sirvan para comprender la realidad a partir de la aplicación de procesos científicos y matemáticos. Esta postura pretende evitar el aprendizaje mecánico, ya que permite a los alumnos decidir qué procesos usar y cuándo.

A partir de estos tres enfoques, se pueden establecer dos planteamientos genéricos. Por un lado, la ciencia y la matemática como herramientas para usar objetos matemáticos y científicos preexistentes, lo cual sería un enfoque más empirista. Por el otro lado, la matemática y la ciencia como medios que permiten comprender la realidad, desarrollando habilidades y capacidades, tanto personales como generales, lo cual implica un enfoque más de tipo constructivista, la ciencia y la matemática como elementos de cultura, partiendo de que es el alumno el que debe llegar a elaborar, por sí mismo, esos objetos matemáticos y científicos.

El constructivismo surgió en la década de los 70 de la mano de Jean Piaget y Lev S. Vygotsky y, hasta la actualidad, han sido muchas las vertientes en las que se ha bifurcado esta teoría, teniendo todas ellas como pilar común la construcción del conocimiento por parte del propio alumno.

Piaget y Battro en [24], parten del estudio del funcionamiento de la mente del sujeto en función de su enfoque psicogenético y la construcción de conocimiento que se aborda a medida que este se va aproximando al objeto. Para tal proceso, es precisa la abstracción de manera que, gracias a ella, el individuo podrá hacer una representación del objeto cuando ya no se encuentre en

contacto con él. En base a esto, la competencia cognitiva de cada persona depende del nivel de su desarrollo intelectual.

Esta postura sostiene que el aprendizaje depende del estado cognitivo inicial que tenga el individuo, por lo que se precisa una selección del contenido curricular en función de tales aspectos cognitivos propios de cada sujeto. Asimismo, se fomenta el aprendizaje autónomo y activo en el que el papel del docente es de un “facilitador”, para potenciar el aprendizaje por descubrimiento.

Vygotsky en [25] añade los aspectos culturales y sociales a partir de los cuales, y mediante el lenguaje, el individuo construye su propio conocimiento. Deja de lado los aspectos psicológicos, en los que tanto se centra Piaget, para dar más importancia a los socioculturales. Este enfoque supone que el contexto en el que se aborda el aprendizaje es crucial para que éste se produzca, fomentando así el aprendizaje cooperativo y la labor del docente es la de “guía”. Ambas vertientes, cuando se complementan, constituyen la base del constructivismo, dejando claro que el aprendizaje engloba tanto características psicogenéticas del individuo como aspectos socioculturales.

La Teoría de la Asimilación y el Aprendizaje Significativo de Ausubel en [26] constituye otra vertiente del constructivismo, fundamentada en el hecho de que el sujeto ha de adquirir el conocimiento nuevo de forma estructurada, en base a las ideas previas que posee. Ésta es la única manera en la que el aprendizaje adquiere significación, de forma que los nuevos conocimientos se integran ordenada y coherentemente en el marco cognitivo del individuo.

Para lograr tal propósito, es crucial establecer una relación clave entre los conocimientos previos del alumno y los nuevos que se van a adquirir, además de potenciar la motivación hacia los mismos por medio de materiales que resulten adecuados. A estos aspectos se les puede unir la necesidad de que el alumno tenga la suficiente autonomía para aprender a aprender, esforzándose en el proceso.

Esta corriente pedagógica postula que el aprendizaje debe ser un proceso activo de construcción del significado además de ser cognoscitivo, socialmente mediado y autorregulado. Se basa en orientar a los aprendices desarrollando actividades significativas, hecho que lleva a obtener resultados de alto nivel en el procesamiento, lo cual facilita la creación de un significado personalizado. Preguntar a los estudiantes cómo aplicar la información en una situación práctica es un proceso activo en sí mismo y facilita la interpretación y relevancia personal. El estudiante debe construir su propio conocimiento bajo orientación y con la ayuda del profesor o de otro agente. Los estudiantes deben tener la iniciativa propia de aprender y de interactuar con otros estudiantes y con el profesor [27].

2.2 Algunos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas

Teniendo en cuenta que lo que debemos pretender como docentes es que los alumnos adquieran competencias que les ayuden a desenvolverse en la vida cotidiana, es necesario el planteamiento de modelos de enseñanza-aprendizaje en las aulas que permitan que el alumno llegue a ese fin.

A continuación se presentan algunos de los modelos más relevantes dentro del paradigma constructivista para el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas.

2.2.1 *Aprendizaje por descubrimiento*

Este enfoque constructivista tiene especial interés para el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, ya que pretende que los alumnos aprendan como lo han hecho los científicos y matemáticos a lo largo de la historia, es decir, partiendo de la necesidad de comprender los fenómenos y los conceptos.

La investigación es crucial para esta forma de aprendizaje, en la que se supone que el alumno no tiene por qué tener ningún conocimiento previo complejo, pero sí alguna idea, ya que, a través de ella, llegará al descubrimiento de los fenómenos. De este modo es cómo se han logrado los mayores descubrimientos de la humanidad, a través del ensayo y error, y lo que se pretende es que el alumno los reproduzca, es decir, que dé una aplicación práctica pueda formular una hipótesis que se convierta en una teoría.

De esta manera, el alumno es el protagonista de su proceso de aprendizaje y alcanza el conocimiento por medio de la investigación, mediante el planteamiento de hipótesis que deberán ser corroboradas. En este sentido, es preciso tener en cuenta determinados aspectos:

- El alumno es quien debe organizarse, aplicar los métodos y formular las hipótesis, siendo el profesor un mero director que le ayuda y reorienta si es preciso. El papel del profesor es clave cuando se atisba la frustración del alumno ante la no obtención de respuestas o resultados y se requiere que sea su guía, para asegurar que la motivación a seguir aprendiendo, no se vea menguada.
- La motivación es el ingrediente fundamental para este tipo de modelo, ya que de ella parte la inquietud por seguir adelante, en definitiva, por conocer.
- Se puede decir que es un modelo que ayuda al alumno a buscar soluciones, alternativas diferentes a las que usa convencionalmente cuando éstas no valen, tal y como ocurre en la vida cotidiana. Se fomentan, por lo tanto, el espíritu crítico y la toma de decisiones, aspectos cruciales para su formación como persona.
- Hay que tener en cuenta los condicionamientos socioculturales del alumno y que el momento histórico en el que vive no es el mismo que aquel en el que se hicieron los hallazgos que se le han planteado como objetivo.

Distintos autores han establecido diferentes vertientes de este tipo de modelo de aprendizaje. Algunos consideran que, antes de llevar a la práctica metodologías basadas en este modelo, no se puede dar al alumno ninguna base teórica [28], ya que se perdería la esencia de lo que supone el aprendizaje por descubrimiento. Otros creen firmemente que el alumno debe conocer determinados aspectos teóricos, para así saber si está abordando bien su investigación y ser consciente de cuando está cometiendo un error.

Además del hecho de que la amplitud del currículo imposibilita poder adquirir todos los aprendizajes de esta manera, este tipo de metodología presenta algún inconveniente. Es importante destacar que la investigación desde este punto de vista inductivo deja manga ancha a la observación como fuente de conocimiento y que, en determinadas ocasiones, los conceptos abstractos que albergan las ciencias y las matemáticas también son importantes. Un ejemplo de esto surge con el concepto de calor, el cual, en la vida cotidiana es considerado como un atributo que pueden tener los cuerpos, y de ahí la expresión “tengo calor”. Sin embargo, lo cierto es que el calor no es algo intrínseco a un cuerpo, es una forma de transferencia de energía que no sería posible sin la presencia de dos cuerpos a distinta temperatura. Con este ejemplo se pretende mostrar la importancia de comprender los conceptos abstractos propios del mundo científico y es preciso valorar, según el caso, si por medio de la observación, y por sí mismo, el alumno podrá llegar a ellos.

Dentro del aprendizaje por descubrimiento, la investigación dirigida es una de las estrategias que más se usa en el ámbito de las asignaturas de ciencias y matemáticas. Ésta surge de la necesidad de que el docente reoriente la investigación que lleva a cabo el alumno cuando intenta llegar al conocimiento, a través del aprendizaje por descubrimiento. Lo que se pretende es asegurar que el alumno no llegue a conclusiones erróneas y que sus planteamientos sean ordenados y significativos.

La investigación dirigida requiere mucha preparación previa por parte del docente, ya que se precisa de una conjunción entre los contenidos curriculares sobre los que se pretende que el estudiante adquiera motivación. Lograr este hecho es más fácil en unas asignaturas que en otras. Afortunadamente, en el caso de las ciencias y las matemáticas, dado que están presentes en nuestro día a día, se puede recurrir a aspectos que resulten más motivacionales para el alumno con una mayor facilidad. Además, es preciso estar al día en los contenidos que se van a tratar, para saber cómo abordarlos, a partir de lo que el alumno pueda conocer de la sociedad en la que se halla inmerso.

En general, la preparación de la investigación dirigida requiere, por parte del docente, no solo una estrategia, sino varias que le permitan reorientar la investigación de los alumnos según se vaya desarrollando el proceso. En este sentido, son necesarias tanto una comparativa entre los resultados de la investigación llevada a cabo, como una actitud crítica, que conlleve al verdadero aprendizaje que permita profundizar en el tema que se está investigando y hacer una extrapolación de lo aprendido a otros posibles contextos.

Una ventaja que tiene la aplicación de este enfoque es que el alumno comprende que la ciencia y la matemática no se construyen rápidamente, como puede verse en las películas de ciencia

ficción, o en base a lo que se le trasmite por la adquisición de conocimientos de forma teórica. La investigación en estas disciplinas supone procesos largos en los que hay que invertir tiempo y paciencia, pero si el proceso de aprendizaje surge del interés propio, los resultados que se obtengan generarán un gran bien interior al alumno.

Los principales inconvenientes que tiene este modelo son relativos a cómo poder encajarlo en las exigencias curriculares, ya que el desarrollo de metodologías para su implementación y la elaboración de materiales requieren mucho tiempo. Además, la preparación ha de ser exhaustiva y personalizada para cada tipo de alumno, puesto que no todos poseen el mismo grado de motivación, curiosidad, creatividad, etc.

2.2.2 El cambio conceptual

El cambio conceptual surge como un nuevo enfoque del constructivismo, centrándose principalmente en las ideas erróneas que tiene el ser humano sobre aspectos científicos y matemáticos, y que el aprendizaje por descubrimiento, tal y como se ha mencionado con el ejemplo del calor, no puede solventar. Este cambio conceptual se sustenta en los conflictos cognitivos, ya que parte de la metacognición, es decir, los alumnos han de pensar sobre su propio pensamiento.

Para ello, el docente debe poner al alumno en la tesitura de conflicto mediante el planteamiento de posibles concepciones erróneas de éste, siendo el objetivo que el propio estudiante las refute consiguiendo así llegar por sí mismo al cambio conceptual.

La creación del conflicto cognitivo requiere de unos pasos previos que son: la participación activa de todos los miembros teniendo en cuenta las ideas de los demás, la valoración de lo que suponen las ideas aportadas y la fundamentación de las propias ideas. Un vez conseguidos estos pasos, el docente será capaz de dirigir el proceso cognitivo de los alumnos de forma efectiva, para que realmente se convierta en un conflicto cognitivo.

Además, hay que asegurarse de que el resultado obtenido, es decir, la continuidad de la nueva idea a la que se llega, ha de vencer a la anterior, lo cual conlleva a que los alumnos entiendan el conflicto que se ha producido, aspecto clave para el aprendizaje significativo.

Otra cuestión a considerar es que hay que intentar mantener la motivación y el interés del alumno durante todo el proceso, por eso es importante que encuentre en la idea un aspecto que le suscite interés. La forma de plasmar esa idea, para que el alumno encuentre una aplicabilidad, es crucial.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que determinadas terminologías cotidianas están muy arraigadas en el ser humano. Proceder al cambio conceptual de las mismas es complicado, más aún si consideramos que, probablemente, la discrepancia entre la nueva idea que se le intenta inferir al alumno y la forma en la que esté acostumbrado a vivirla en sus conversaciones del día al día, va a seguir manteniéndose.

Algunos estudios destacan que, más que un modelo, el cambio conceptual se ha tomado como una herramienta que se emplea en las aulas para luego seguir abarcando el currículo de forma tradicional [28].

2.2.3 *Aprendizaje basado en proyectos*

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se conocía anteriormente como Aprendizaje por Problemas. El término cambió ya que también se pueden hacer otras acciones que no sean resolver un problema. Tiene los siguientes objetivos [29]:

- Desarrollar competencias desde un enfoque interdisciplinar.
- Desarrollar habilidades de investigación.
- Aumentar la capacidad mental de orden superior.
- Aprender a usar las Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- Aprender a autoevaluarse y a evaluar a los demás.
- Diseñar un portafolio.
- Comprometerse activamente en un proyecto.
- Trabajar en proyectos que tengan continuidad y relevancia.

El ABP hace que el alumno aumente su motivación intrínseca a medida que se va comprometiendo de forma activa en el hacer para llegar a un conocimiento relevante, que pueda vincular con otras áreas, desarrollando habilidades sociales a través del trabajo cooperativo.

2.2.4 *Aprendizaje basado en el pensamiento*

Los currículos de ciencias y matemáticas se han quedado obsoletos al no cumplir con las demandas que la gente joven necesita para enfrentarse a la realidad actual. En el estudio de las ciencias y las matemáticas, es muy habitual que los alumnos aprendan a resolver problemas de forma memorística, aplicando la teoría que conocen y los métodos que se les proporcionan. Sin embargo, cuando se les pide que propongan situaciones de la vida cotidiana que puedan ser resueltas a partir de la aplicación de los conceptos estudiados, es decir, que modelicen de forma abstracta la situación, no saben qué responder. Les resulta arduo pensar e incluso tienen miedo de cometer errores, pero ¿acaso no es eso lo que hace el ser humano en su vida cotidiana? La toma de decisiones, la solución de problemas, el aprender de los errores, etc., están presentes en nuestro día a día, y el trasladarlo a las aulas resultará clave para el aprendizaje significativo y fomentar una autoconfianza en el alumno en la que el pensamiento crítico juega un papel fundamental. Si no lo hacemos así, los currículos de ciencias y matemáticas quedan obsoletos, al no cumplir con las exigencias que la sociedad actual demanda de la gente joven.

Se puede decir que el hecho de empezar a pensar tiene sus orígenes en la antigüedad, mientras que la forma de establecer las bases de cómo se debe aprender no se abordó hasta mitad del siglo XX, cuando varios filósofos, psicólogos y profesores se volcaron en que el ser humano debía aprender los hechos de forma sistemática.

En base a esos planteamientos, se desarrolla la metodología del Aprendizaje Basado en el Pensamiento (más conocido en inglés como *Thinking Based Learning*, TBL) de la mano de Robert Swartz en 1995, cuando llevó a cabo la creación del Centro Nacional para la Enseñanza del Pensamiento (*National Center for Teaching Thinking*, NCTT) en Newton Center, Massachusetts. Desde entonces imparte formación a profesores para intentar infundir en el alumnado el pensamiento crítico y creativo, a la par que abordar los contenidos curriculares.

En el prólogo del libro "El Aprendizaje Basado en el Pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI", los autores intentan hacer una explicación de lo que supone el conocimiento, "tenerlo está muy bien, pero lo que realmente cuenta es lo que hagas con él" [30, pág. 7]. Para tal propósito, el conocimiento ha de ser bien infundido en sus mentes a fin de que posteriormente puedan usarlo de forma adecuada para resolver los problemas que se les planteen.

Teniendo en cuenta que el conocimiento es el instrumento que el ser humano usa para resolver problemas, entender cuestiones, decidir entre distintas posibilidades, etc., y que los instrumentos se aprenden tocándolos, en el ámbito científico, el instrumento del conocimiento debe construirse de la misma manera y lo que se ha de perseguir es que una vez que se aprenda, no se olvide.

El Aprendizaje Basado en el Pensamiento se fundamenta en el pensamiento eficaz, que hace referencia a la aplicación del pensamiento, empleando destrezas de forma estratégica para tomar decisiones, solucionar problemas, establecer conclusiones, etc., ya que parte de la premisa de que el pensamiento eficaz es inherente al ser humano y el grado en el que se lleva a cabo depende de las capacidades propias del individuo.

2.2.5 La educación STEM

El modelo de educación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) surgió a mediados de los años 90 en Estados Unidos impulsado por la Fundación Nacional para la Ciencia (*National Science Foundation*) ante la demanda de profesionales que la sociedad iba a necesitar en las próximas décadas en este sector [31]. Además, a este aspecto hay que añadir el declive paulatino en la actitud hacia las materias de ciencias y matemáticas, hecho que se ha considerado como un factor muy importante que puede poner en riesgo el futuro de la innovación tecnológica, considerada como el motor económico del mundo globalizado del siglo en el que nos encontramos.

Por este motivo, la educación STEM comenzó implementándose primero en países como Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, Países Nórdicos, Japón o Corea del Sur, todos ellos superpotencias tecnológicas e industriales, que vieron la necesidad de fomentar las prácticas y habilidades en el aprendizaje y construcción de modelos enfocados a unas formaciones específicas.

A nivel europeo, a principios de los años 2000, fue evidente el descenso en la proporción de alumnos en las áreas STEM. Esto llevó a valorar posibles causas, entre las que destacaron: las diferencias en la alfabetización científica básica, la falta de motivación de los alumnos por las ciencias y las matemáticas y un descenso en la calidad de la educación, basado en la poca relación entre lo que la sociedad demanda y la formación que se da en las aulas, así como la falta de inversión.

Por tales motivos, en el programa marco 2014-2020, la Comisión Europea dedicó una subvención de más de 13 millones de euros a todas las iniciativas que se basasen en aumentar en los alumnos el atractivo hacia la educación científica y matemática. En la actualidad son muchos los proyectos que se están desarrollando conjuntamente entre compañías de sectores tecnológicos y administraciones públicas para desarrollar estas iniciativas.

Por tanto, este modelo tiene como fin que el alumno pueda aprender contenidos de ciencias y matemáticas, a través de las TIC, de forma continua e integrada, que le permitan desarrollar esas competencias que la sociedad demandará de él, ya que se relacionan ramas de conocimiento muy vinculadas entre sí. Lo que se pretende es que los alumnos aprendan a resolver problemas como los que se pueden encontrar en la vida cotidiana, dejando atrás tanto la forma de aprender cerrada y centralizada como el resolver problemas que tan solo admiten una solución. La toma de decisiones es crucial en la vida cotidiana, y resulta un ejercicio que el ser humano lleva a cabo todos los días de su vida. Por este motivo, la educación STEM pretende que se tenga en cuenta que:

- El aprendizaje no es un proceso receptivo sino constructivo.
- El desarrollo cognitivo está fuertemente marcado por la motivación, las creencias y el trabajo en equipo.
- El conocimiento y las estrategias son contextuales.

Las principales ventajas de la educación STEM son:

- Los conocimientos y las habilidades se transfieren a situaciones y problemas de la vida real.
- La motivación intrínseca se ve altamente potenciada.
- El conocimiento se adquiere de forma significativa por lo que se retiene a largo plazo.
- El aprendizaje significativo potencia en los alumnos posteriores aprendizajes de otros conceptos relacionados con los trabajados anteriormente.
- Todos los alumnos mejoran su aprendizaje, no solo los altamente cualificados o los que quieran cursar estudios superiores de ciencias y matemáticas.

Del término STEM integrando la "A" de Arts, surgió STEAM, acuñado por Yakman en [32], a finales de la primera década del presente siglo, con el objetivo de integrar la creatividad a fin

de que todas las competencias anteriores puedan desarrollarse [33]. Este término surge, por lo tanto, de la filosofía *“maker”* y el *“do it by your self”*.

Resulta evidente que tanto la educación STEM como la STEAM se ven altamente potenciadas con la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las nuevas actividades que permiten la incorporación de las TIC en las aulas han de ser diseñadas de forma que pueden lograr el dominio de estas disciplinas de forma interactiva y dinámica, tal y como establece el paradigma constructivista. Por este motivo, es necesaria la continua formación pedagógica del profesorado para lograr que las aulas se conviertan en espacios donde el alumnado pueda desarrollar estas competencias.

Capítulo 3

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a la educación

Basado en [12] N. Arís y L. Orcos. "ICTs and School Education." International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence 3. (4) (2015), págs. 13-16.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) están cada vez más presentes en el ámbito educativo. La inclusión de las mismas en el aprendizaje, ha llevado al concepto de Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) y ha sido, y sigue siendo, un proceso complejo que ha derivado a una gran cantidad de investigaciones basadas en el uso adecuado de las TIC. Desde el enfoque constructivista, las TIC han de ser usadas como un medio a través del

cual se llegue al conocimiento, por lo que deben estar debidamente integradas en el proceso de aprendizaje y no ser únicamente el fin de las mismas su mero uso en las aulas. Este hecho implica que, en determinadas ocasiones, los docentes se muestren reticentes a su uso por no poder valorar si realmente ayudan a los alumnos en la adquisición del conocimiento, por tal motivo, resultan cruciales los sistemas de formación del profesorado.

En este capítulo se recogen las ideas claves del uso de TIC en educación. Para ello, en primer lugar, se introducen los cuatro grandes paradigmas en los que se engloba el uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, se establece la terminología relativa a las TIC para terminar con una reflexión sobre el impacto de las TIC en la educación, desde el punto de vista de cómo y cuánto hay que usarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Parte de las aportaciones de este capítulo se recogen en [12].

3.1 La era digital y su influencia en las nuevas generaciones

En el contexto del mundo globalizado en el que vivimos, las TIC están presentes cada vez más frecuentemente en la vida, tanto privada como profesional, de las personas ofreciendo [34]:

- La mejora del servicio universal, a través del enriquecimiento de las experiencias, permitiendo la extensión de los recursos y las posibilidades de conocimiento y acción.
- La realización de tareas consistentes en rutinas de carácter reproductor y algorítmico, dejando los procesos en los que interviene el pensamiento experto para el ser humano, lo cual le permita desenvolverse en la ambigüedad y la incertidumbre, para potenciar el desarrollo creativo.
- La estructuración a partir del usuario y la acomodación a sus gustos.
- La cooperación como exigencia del conocimiento y la acción, dando importancia a la complementariedad de roles y conocimientos dispersos para afrontar las complejas funciones de la vida. Las ideas de cultura participativa e inteligencia distribuida permiten combinar conocimientos para constituir uno común.

Es una realidad que el hecho de que las redes sociales virtuales configuran la vida cotidiana de los jóvenes, los cuales se han acostumbrado a lo que se conoce como "multitarea", es decir, a dispersar y a ocupar la atención en diferentes aspectos a la vez. La construcción del conocimiento no es igual cuando se basa en la atención centralizada en una tarea o cuando se trabaja desde la perspectiva de la multitarea. Autores como Rosen, Carrier y Cheerver en [35] comentan que la multitarea puede resultar la mejor estrategia para poder atender a las múltiples variables que pueden darse en una situación y que, por lo tanto, puede ser una forma adecuada de generar conocimiento basado en la acción, dejando la atención centralizada para el proceso de reflexión sobre tal acción.

Esta manera de vivir de nuestros “nativos digitales” está haciendo que desarrollen determinadas actitudes y expectativas [36]:

- Libertad de expresión y de elección en base a sus necesidades y gustos.
- Adaptación de lo que tienen alrededor para dar respuesta a sus inquietudes.
- Análisis crítico y reflexivo de las situaciones.
- Integración y tolerancia en las interacciones con los demás.
- Preferencia por el trabajo colaborativo.
- Innovación y creación.

Todas estas actitudes son fundamentales para la formación integral de los alumnos.

3.2 El papel de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje

La tecnología ha avanzado y lo sigue haciendo, estando ya integrada en nuestras vidas. Cada vez más a menudo, los dispositivos electrónicos están conectados a diferentes redes, lo que va incrementando la complejidad de su manejo. Sin embargo, desde el punto de vista educativo, lo que interesa es la relación entre el uso de las TIC y su fundamentación pedagógica, con el fin de lograr que se conviertan en TAC.

Lo habitual es encontramos alumnos muy motivados por el uso de juegos tecnológicos y familiarizados con los smartphones, tabletas, etc., desde los primeros años de su estadio cognitivo. Es durante esta época de su vida, cuando el niño consolida el aprendizaje instrumental de este tipo de tecnologías y adquiere las competencias relacionadas con el uso de las mismas.

En relación al ámbito educativo, la interacción de los estudiantes con las TIC empieza en la etapa de la Educación Infantil y continúa hasta completar los estudios que permiten al alumno afrontar su vida profesional. Debido a que la tecnología, en la actualidad, está en continuo cambio, su uso en educación se ve afectado por este dinamismo, evolucionando paralelamente. En este contexto, unos de los principales desafíos que tiene la educación, es hacer un buen uso de las TIC para la producción de materiales docentes, actividades y experiencias educativas y favorecer la comunicación y un aprendizaje significativo y permanente.

Se puede decir, por lo tanto, que el reto de las escuelas tiene que ver con la organización de la información de forma significativa para los alumnos, ya que no hay un déficit en la cantidad de la misma, el problema es su desorden y fragmentación.

En base a esto, se establecen cuatro paradigmas diferentes sobre los usos de las TIC en educación: como un dispositivo automático, como una herramienta, como un foro o como un medio [37]. Estos cuatro paradigmas coexisten hoy en día en paralelo, aunque fueron desarrollados cronológicamente.

- El primer paradigma, según el cual se considera a las TIC como un dispositivo automático, está influenciado por las ideas del conductismo y estructuralismo [38]. Este paradigma está representado por programas educativos en los que los alumnos tienen que rellenar un hueco en una frase con una palabra o un número. El alumno está activo en el proceso de enseñanza y recibe un *feedback* directo a su respuesta. El trabajo que hace el alumno es mecánico.
- El segundo paradigma, el que considera a las TIC como una herramienta, está influenciado por la pedagogía de Piaget. Esta pedagogía se basa en la curiosidad del niño y su deseo de conocer más, por lo tanto en su propia actividad. En este contexto, el papel del profesor cambia de ser alguien que enseña a otra persona, transmitiendo los conocimientos, a ser un guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno. Las TIC han sustentado este cambio de enfoque en las clases. Hay una gran cantidad de maneras de usar las TIC como herramientas, ya sea como sistemas de búsqueda de información escrita o grabada, para hacer presentaciones, o muchas otras. Se puede decir que el propósito de enseñanza, según este paradigma, se fundamenta en que el estudiante usa un dispositivo electrónico para hacer actividades creativas, lo que da como resultado una participación mucho más activa en el proceso [39, 40].
- El tercer paradigma describe las TIC como una parte integrada de nuestra vida cotidiana, como un foro para la comunicación y la interacción, de forma que se puedan compartir experiencias o jugar en entornos virtuales. Hay muchos ejemplos de este paradigma [41].
- El cuarto paradigma, el uso de las TIC como un medio, hace referencia a cuando, en un contexto educativo, la información es distribuida por la red a través de plataformas educativas [42]. El rápido desarrollo de Internet ha constituido un factor decisivo, puesto que ha dado lugar a la aparición de numerosos cursos *online*, a la oportunidad de publicar fácilmente en la red y, dentro del contexto educativo, que los alumnos y profesores puedan publicar, por ejemplo en un *blog*, y por ende, lograr más alcance.

Hoy en día, es común en las clases la mezcla de todos estos paradigmas, en función de las diferentes tendencias pedagógicas, debido al hecho de que los materiales generalmente requieren diferentes métodos para afrontar las distintas partes de una asignatura, y con el objetivo de que los alumnos saquen provecho de una gran variedad de métodos de enseñanza [43, 44]. Se puede decir, por lo tanto, que estos métodos no son opuestos para el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino más bien que se complementan.

En relación a cómo y cuánto hay que usar las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es preciso que éstas aboguen por métodos útiles para el desarrollo de las competencias que los alumnos han de adquirir, en base a un aprendizaje personalizado. Hay que tener en cuenta que la modernización de la escuela del siglo XXI no ha de basarse únicamente en la incorporación de nuevas herramientas, sino que la enseñanza debe estar reorganizada a partir de las formas de producción de los saberes como la interactividad, la colectividad, la conectividad y la hipertextualidad [45].

En este sentido, el rol del docente es fundamental ya que como profesores debemos tener presente que el fin de la educación es que los alumnos estén preparados para afrontar las situaciones que

se les puedan plantear en el futuro, es decir, a aprender cómo aprender y a autorregular el aprendizaje. No es suficiente con trasladar la información a los alumnos, hay que darles las claves para que sepan cómo usarla de forma eficaz, a través de la acción y la reflexión.

3.3 Conceptos relacionados con las TIC

Antes de profundizar en las diferentes dimensiones que se han presentado anteriormente, resulta interesante establecer un marco conceptual de los significados relacionados con la terminología relacionada con las TIC.

- El concepto de TIC. Las TIC se usan como un concepto global que alberga todo tipo de técnicas incluyendo ordenadores, tabletas, *smartphones*, cámaras digitales, dispositivos interactivos y redes. Este término se refiere tanto al *hardware*, que proporciona los componentes incluidos en un sistema computacional, como al *software*, en relación a los programas que se pueden emplear en los sistemas computacionales y los recursos en red. El término engloba un contenido extensivo que incluye tanto el tratamiento de la información como los conceptos a comunicar [40, 46].
- Competencias digitales. En cuanto al término “competencias digitales” se ha tomado la definición de la Comisión Europea en [47], que establece que las personas debemos saber cómo usar las TIC de manera segura y crítica, tanto en el desempeño profesional como en el tiempo libre. Las competencias digitales básicas son: buscar, almacenar, evaluar, producir, presentar e intercambiar información y comunicarse y participar en entornos virtuales colaborativos con uso de las TIC [47].
- Integración curricular de las TIC. La integración curricular de las TIC es el proceso de hacerlas enteramente parte del currículo, permeándolas con los principios educativos y la didáctica que conforman el engranaje de aprender [48], lo cual implica usarlas para planificar estrategias para facilitar la acción de aprender de forma transparente. Según Orjuelo en [49], la integración de las TIC en el currículo requiere un proceso de acomodación y asimilación entre ambos, donde el currículo debe ejercer operaciones de reconstrucción sobre las TIC.
- Apresto de las TIC. Se basa en dar los primeros pasos con el uso de las TIC, logrando vencer el miedo y descubriendo las potencialidades de las mismas [48].
- El uso de TIC en educación. El uso de las TIC en educación supone que los estudiantes usan un dispositivo y los recursos que ofrece, además de los que hay en red, centrándose principalmente en que es el estudiante quien ha de usarlos, no el profesor.
- Concepto de TAC. TIC aplicadas en educación con el fin de lograr el aprendizaje.
- El uso frecuente y uso limitado de TIC. La expresión “el uso frecuente de TIC”, se emplea para describir el trabajo que llevan a cabo un grupo de estudiantes que usan cualquier dispositivo digital, y sus recursos, en todas las actividades educativas llevadas a cabo de

forma práctica, para el desarrollo de las competencias, de manera que todo el material empleado esté en formato digital. En contraposición, la expresión “uso limitado de TIC” hace referencia al trabajo de un grupo de estudiantes que usan los dispositivos digitales solo para el desarrollo de la competencia digital. De esta forma, el dispositivo empleado, y sus recursos, son un complemento para el proceso de enseñanza-aprendizaje, usado principalmente para alternarlo con la forma tradicional de dar clase, de manera que el material que suelen tener los alumnos generalmente es impreso. Según este estudio, se hace una aproximación del uso frecuente o limitado de dispositivos electrónicos desde la perspectiva del alumno, no del profesor.

3.4 Integración curricular de las TIC

Según el modelo Fogarty de integración de las TIC, se pueden encontrar seis formas de utilizarlas en el ámbito curricular [48]:

- Forma anidada: el profesor estimula el trabajo de distintas habilidades usando las TIC.
- Forma tejida: los alumnos aprenden un tema relevante a partir de otros contenidos con el apoyo de las TIC.
- Forma enroscada: se basa en desarrollar habilidades sociales, de pensamiento, inteligencias múltiples y tecnología a través de distintas disciplinas.
- Forma integrada: unir las asignaturas a través de superposición de conceptos usando las TIC.
- Forma inmersa: el contenido se hace inmerso en la propia experiencia del alumno con el apoyo de las TIC.
- Forma en red: el aprendiz filtra su aprendizaje y genera conexiones internas que le llevan a establecer interacciones, con el uso de las TIC, con redes externas de expertos.

3.5 El papel de las TIC en el constructivismo

Teniendo en cuenta el paradigma constructivista, la creación y la producción del conocimiento por parte de los alumnos está en relación con el ambiente en el que viven. En este contexto, las TIC se emplean como herramientas y recursos que facilitan el desarrollo del conocimiento y de las competencias de los alumnos, siendo fundamental el papel del profesor. La mayor parte de los profesores aprecian sus beneficios, por ser agentes motivacionales para los estudiantes que permiten hacer más amenas las clases y atender a la diversidad del aula, potenciando un aprendizaje más individualizado. Cabe destacar que, en ocasiones, muchos profesores, como “inmigrantes digitales”, pueden sentir inseguridad y rechazo hacia el uso de estas tecnologías, puesto que muchos estudiantes las manejan mejor que ellos mismos, dada su condición de “nativos

digitales". De esta manera, las aulas han de convertirse en espacios en los que los alumnos puedan desarrollar la competencia digital que la sociedad, en continuo cambio, demandará de ellos.

Los profesores que usan las TIC en las aulas, alegan que lo hacen porque constituyen una forma de motivar a los estudiantes, a la vez que poseen un alto potencial para variar las metodologías y fomentan el aprendizaje individualizado. Otro factor que también atrae a los profesores para usar las tecnologías, es la autenticidad de los materiales. A menudo, el éxito del uso de las TIC depende del profesor. Al mismo tiempo, hay profesores que expresan dudas en relación al uso de las TIC, como una falta de preparación en la aplicabilidad de la enseñanza.

Thomas, Reinders y Warschauer en [50] sugieren que las TIC contemporáneas juegan un papel importante en el sustento de métodos basados en el constructivismo, siendo necesaria una profunda participación por parte del profesorado, construyendo ejercicios relevantes para que los alumnos trabajen de forma cooperativa. Resulta importante señalar que las TIC, por sí mismas, no constituyen un método de enseñanza, pero, en general, facilitan o refuerzan determinados métodos. De esta manera, podemos establecer una conexión directa entre el desarrollo de las TIC y las ideas pedagógicas del constructivismo [51, 52, 53].

En efecto, sin el uso del paradigma constructivista, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, no puede evidenciarse el impacto que suponen las TIC en el alumno. Esto quiere decir que es importante dejar de lado los métodos tradicionales para que el uso de las mismas sea beneficioso, lo cual explica uno de los retos de la introducción de las TIC en la escuela: cambiar la forma en la que se trabaja en clase de manera que esté más centrada en el alumno. El constructivismo es una tendencia pedagógica que enfatiza la creación y producción de conocimiento por parte del estudiante en relación con el entorno. En los debates sobre pedagogía educativa, el constructivismo es contrastado con las lecciones impartidas de forma tradicional por el profesor, en las que el conocimiento se considera como un objeto transferible desde una persona a otra. En las escuelas, hoy en día, lo común es que ambos métodos se empleen de forma conjunta y, en este contexto, las TIC refuerzan el proceso de aprendizaje.

No podemos dejar de comentar que el impacto de las TIC resulta evidente en aspectos tan importantes en el constructivismo como son la motivación y el aprendizaje autónomo. El alumno demuestra que ha alcanzado un proceso de reflexión significativo además de la creación de un conocimiento cada vez más complejo y elaborado, el cual es holístico y contingente con el aprendizaje en base a competencias [54]. De esta forma, el estudiante, más que adquirir el conocimiento, forma parte de la construcción del mismo y toma un papel activo, autónomo y autorregulador, ya que lleva el control de su proceso de aprendizaje. A través de las TIC, se activan un gran número de procesos cognitivos básicos incluyendo la selección y la retención de la información, la organización y el desarrollo de la nueva información, la integración de la información con el aprendizaje previo y la aplicación del nuevo conocimiento a diversas situaciones. Todo esto revierte en el estudiante una motivación que va aumentando a medida que se va desarrollando el conocimiento [54].

La dinámica de autonomía que va forjando el propio alumno es uno de los aspectos más importantes y motivacionales ya que es él quien decide y lidera sobre sí mismo. Sin embargo, todo

este proceso depende de cómo las actividades han sido presentadas por parte del profesor. Éste debe de ser el que ayude y guíe al acceso intelectual del aprendizaje mediante las TIC. Además, también ha de centrar la materia desde el punto de vista del alumno, cuál es la mejor manera en la que puede llegar al conocimiento, con qué tipo de dificultades puede encontrarse, qué tipo de material adicional puede serle de ayuda, etc. [55].

Hay estudios que sugieren que la autonomía alienta a los alumnos a que adquieran mejores resultados académicos [56]. Este elemento puede ser la llave para impulsar la motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje orientado hacia el uso de las TIC [51, 57]. Autores como Hernández en [42], comentan que las características fundamentales para un aprendizaje efectivo, a través de las TIC, que permiten alcanzar ese grado de autonomía por parte del alumno, son:

- El compromiso activo: debido a que las personas tienen distintos ritmos de aprendizaje, el uso de las nuevas tecnologías para la adquisición del conocimiento ayuda en la creación de micromundos, en los que el alumno dispone de herramientas que puede usar a su antojo, sintiéndose independiente y, por lo tanto, que forma parte del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La participación en grupos de trabajo: el contexto social en el que se encuentran los estudiantes es crucial para su proceso de aprendizaje, ya que cuando se trabaja de forma conjunta, se pueden desarrollar habilidades más complejas que las que se desarrollan cuando trabajan solos. Las TIC facilitan que se desarrollen este tipo de habilidades, puesto que permiten que los alumnos puedan compartir sus impresiones y conocimientos a través de *blogs*, foros, *wikis*, etc. Las TIC dan la oportunidad de fomentar los debates de discusión entre iguales ya no solo en el aula, si no fuera ella, lo cual permite que el aprendizaje no sea un proceso aislado relegado únicamente al momento en el que el alumno se halla en el centro escolar.
- La interacción frecuente y la retroalimentación: las TIC ayudan a los docentes en el proceso evaluativo y permiten a los alumnos tener una retroalimentación prácticamente inmediata y constante de su trabajo. El aprendizaje se hace más individualizado, dado que si el docente puede dar retroalimentación al alumno en menor tiempo, éste puede ir trabajando más a su propio ritmo.
- La conexión con el contexto real: las TIC favorecen el acceso de los alumnos a múltiples herramientas para la aplicación de conocimientos en gran variedad de contextos relacionados con el mundo real.

Teniendo en cuenta la complementariedad de los aspectos descritos anteriormente, se establece un modelo que articula el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la motivación y el esfuerzo, y que anima al logro competencial en los primeros niveles educativos.

3.6 La evaluación del proceso de aprendizaje con las TIC

La evaluación se convierte en una construcción conjunta entre dos partes, es decir, es una valoración desde la interacción entre los propios estudiantes con el profesor, y también desde la propia reflexión personal. A continuación se describen y se explican estas formas de evaluación:

- Evaluación del trabajo independiente. Se basa principalmente en la toma de decisiones individuales y se potencia desde la iniciativa de la autonomía. El alumno toma conciencia de lo que su propio proceso de aprendizaje le ha brindado, preguntándose los porqués y valorando el grado de esfuerzo. Resulta interesante mencionar que la autoevaluación no es una competencia automática ni un proceso que generalmente se suele llevar a cabo y, por ello, necesita ser enseñado y sustentado [58, 59]. Es importante, por tanto, el papel del profesor en este proceso [60]. El hecho de saber cómo autoevaluarse está inextricablemente vinculado al desarrollo del pensamiento crítico y la adquisición de competencias.
- La evaluación compartida. Se trata de un elemento constitutivo de la evaluación formativa y tiene una función dual, ya que nos permite almacenar las acciones que realizan los alumnos, por lo que se lleva a cabo de forma conjunta por el alumno y el profesor. Esta evaluación se basa en los siguientes niveles [61]:
 - El primer nivel o *outside level*, está llevado a cabo por el profesor y los estudiantes y parte del contraste de las diferentes contribuciones que ha aportado cada estudiante.
 - El segundo nivel o *inside level*, que es el que permite que el alumno se autoevalúe, promoviendo el desarrollo de su capacidad metacognitiva, que se hace responsable de la regulación de su propio aprendizaje.

3.7 Las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas

En el caso concreto de las ciencias y las matemáticas, es necesario preguntarse cómo ha de ser el uso de las TIC desde un enfoque constructivista. Rojano en [62] comenta que se requieren unos modelos específicos de TIC con los siguientes principios:

1. Principio didáctico: las actividades diseñadas deben seguir un tratamiento fenomenológico de los conceptos que se enseñan.
2. Principio de especialización: las herramientas y *software* han de ser seleccionados según los principios de la didáctica de las ciencias y las matemáticas.
3. Principio cognitivo: las herramientas seleccionadas han de permitir una manipulación directa de los objetos matemáticos y fenómenos científicos.

4. Principio pedagógico: las herramientas deben promover un aprendizaje colaborativo, así como una interacción entre el docente y los alumnos.
5. Principio de equidad: las herramientas deben permitir a los alumnos el acceso a ideas importantes de ciencias y matemáticas.

La tecnología adecuada será aquella que permita el desarrollo de modelos pedagógicos en los que se cumplan estos principios, de manera que los alumnos puedan llegar al conocimiento a través de las TIC, a la vez que mejoran el manejo con las mismas.

3.8 Consideraciones finales

La implementación de proyectos en los que se emplean TIC en las escuelas ha aumentado y sigue cambiando día a día, y los alumnos buscan y encuentran información de diferentes formas que las que usaban antes y la presentan en formatos que en un pasado resultaban imposibles.

El potencial de las TIC se percibe no solamente en la motivación de los alumnos sino, además, en el grado de logro de aprendizajes significativos. Los alumnos aprenden a valorar su esfuerzo y su aprendizaje a través de las TIC. La mezcla entre la libertad y el consejo, así como el andamiaje que establece el uso de las TIC, crean un ambiente de aprendizaje cooperativo que lleva a la obtención de resultados positivos. Según comenta Vigosky en [63], la función de las TIC es conducir la influencia humana en el objeto de la acción, que es orientada externamente y crea cambios en los objetos.

Lo que resulta imprescindible, para poder desarrollar el empleo de las TIC en el aula, es buscar nuevas metodologías didácticas que impliquen la importancia de las mismas en su uso como un medio de aprendizaje, no como un fin, de forma que se usen verdaderamente como TAC.

Las metodologías que se enfocan desde un punto de vista globalizado, como el aprendizaje cooperativo o el aprendizaje basado en proyectos, acopladas al uso de las TIC son una gran oportunidad para el alumno, ya que, desde el enfoque constructivista, aumentan su motivación, fomentan el desarrollo de autonomía y su espíritu crítico en la toma de decisiones y la búsqueda de información, mejoran las relaciones sociales, potencian su creatividad y, además, permiten atender mejor a la diversidad de alumnado en las aulas [64].

En este sentido, este enfoque globalizador implica que las asignaturas no han de impartirse de forma segregada, puesto que el ser humano aprende a través de las relaciones que observa en el mundo que le rodea [65]. Esto es lo que hay trasladar a las aulas, de manera que los alumnos puedan desarrollar las competencias que han de adquirir para su futuro desempeño profesional, desde la inquietud y a través de ese enfoque globalizador.

En relación a la evaluación, la evaluación compartida nos muestra una manera adecuada de llegar al logro competencial. En este sentido, Bain en [66] explica que los mejores resultados se logran cuando en el proceso de enseñanza-aprendizaje están involucrados docentes que creen que los estudiantes pueden cambiar.

Todo ello nos permitirá, poco a poco, entender el proceso de aprendizaje en los alumnos y, así, establecer una serie de pautas a seguir que nos conduzcan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, orientándolo al logro de las competencias.

Por último destacar que, desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias y las matemáticas, la aplicación de las TIC ha de ir de la mano de los cambios curriculares, en los que intervienen claramente los cambios sociales, que harán que también lo haga la labor docente.

Capítulo 4

Los foros de debate virtuales como herramientas de aprendizaje colaborativo para fomentar la toma de decisiones

Basado en [13] J. I. Castillo, L. Orcos, y J. J. Rainer, "Virtual Forums as a Learning Method in Industrial Engineering Organization." IEEE Latin America Transactions 14. (6) (2016), págs. 3023-3028.

El análisis colaborativo es de gran utilidad para la toma de decisiones en situaciones en las que los alumnos han de ser capaces de analizar, identificando para ello, los aspectos clave y

contrastando y defendiendo ideas, empleando una reflexión crítica, en base al estudio de las diferentes perspectivas que se puedan presentar, para poder llegar a forjar sus propias conclusiones y, de esta manera, alcanzar un aprendizaje significativo.

Los foros de debate constituyen una herramienta que se ha revelado muy potente tal y como queda recogido en [67]. Para justificar esta afirmación, en este capítulo se recogen dos experiencias prácticas sobre el uso de debates *online*, concretamente, una de ellas, utilizando un método de aprendizaje interactivo basado en el diálogo conocido como el “método de caso”, recogida en [13], y otra más reciente, llevada a cabo en diferentes asignaturas de la rama de matemáticas a raíz de los buenos resultados de la primera.

4.1 El papel de los foros virtuales en el proceso de aprendizaje

En el contexto educativo, el proceso de aprendizaje viene caracterizado por la simbiosis conjunta entre tres pilares fundamentales que son los modelos de aprendizaje, el dominio y la tutoría. Bajo los paradigmas de la teoría constructivista, cuyas bases fundaron Piaget en [68] y Vygostky en [25] y el uso del método de caso, se genera un modelo de aprendizaje en el que el alumno toma el papel principal.

Las herramientas de comunicación, como los foros virtuales, favorecen la interacción dinámica [69], la cual ha de tener una mediación que debe estar basada en las siguientes premisas:

- Los términos de mediación e integración de Vygostky en [25].
- El proceso de logro de aprendizajes significativos de Ausubel, Novak y Hanesian en [26].
- La teoría de las inteligencias múltiples de Gardner en [70].

Por su lado, el método de caso consiste en una técnica de aprendizaje interactivo en la que se fomenta el diálogo con el fin de lograr un análisis colectivo que lleve a la toma de decisiones. Tal y como comenta Yin en [71], el estudio de caso consiste en una investigación de carácter eminentemente empírico que se usa para, dentro de un determinado contexto real, poder analizar fenómenos actuales, de manera que los límites entre ambos no sean obvios.

Como comenta Alfageme en [72], cualquier proceso de cooperación en el aula debe estar basado en la premisa “aprendiendo juntos”, terminología acuñada por Johnson, D. W. y Johnson, R. T. en [73], según la cual el docente ha de tomar un papel de moderador y debe tener un dominio, tanto de la metodología a usar como de las habilidades organizativas requeridas.

En el contexto de los foros virtuales, la acción de la tutoría virtual resulta crucial para la mejora del proceso de aprendizaje de los alumnos. Esta tutoría, como tal, no debe ir orientada únicamente a ser usada en un momento temporal concreto, sino que ha de ser capaz de hacer el proceso

de aprendizaje continuo más atractivo al alumno, para lo cual el docente ha de ser el guía que forje las bases y procedimientos a seguir. Salmon en [74] comenta que es necesario que la motivación de los alumnos esté presente en todo momento y que se debe asegurar que el hilo de las conversaciones establecidas no se pierda y sea el apropiado.

Estudios como el de Lee en [75] y el de Bourne en [76] establecen que los foros virtuales son un elemento motivacional y aumentan la participación de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Aoki y Pogroszewski en [77] destacan que éstos constituyen el modo más óptimo de lograr una evolución de la enseñanza más tradicional, adaptándola a las necesidades educativas actuales que, como es conocido, varían constantemente.

Según Alfageme en [72], el empleo de los foros virtuales, para mediar la colaboración en las clases, potencia la adquisición de valores como:

- Los vinculados a las relaciones sociales de los alumnos, de manera que se fomenten la tolerancia, la solidaridad, la colaboración y la empatía.
- Los vinculados con las propias relaciones personales, forjando así el autoestima, el auto-control y la confianza en sí mismos, aspectos muy importante para forjar el carácter.
- Los relacionados con la educación, como el rendimiento, la construcción de conocimiento, la participación y la responsabilidad.

Gómez en [78] comenta que en los foros virtuales:

- El aprendizaje resulta individualizado, de manera que los alumnos, aunque estén trabajando de forma individual o en grupo, van aprendiendo cada uno a su ritmo, escogiendo y realizando las actividades en el orden que les resulta más adecuado o motivacional y empleando, para ello, los recursos que consideran más oportunos.
- Se fomentan determinadas habilidades, como la capacidad de expresarse en público, ya que el alumno se encuentra inmerso en un escenario que le resulta más confortable para la comunicación grupal, al asemejarse a los recursos que usa en su vida cotidiana, como por ejemplo *WhatsApp*.
- *Feedback* a los alumnos. El profesor, desde su papel de mediador del proceso de enseñanza-aprendizaje, puede guiar, controlar y evaluar a cada estudiante mediante una evaluación formativa y el alumno puede obtener un *feedback* en cualquier instante que lo necesite.
- Se genera un contexto de aprendizaje cooperativo que conlleva a que el alumno se implique más con la materia y con el resto de sus compañeros.

Podemos, por tanto, citar, a partir de las aportaciones de Gómez en [78], que entre las principales ventajas de los foros virtuales se encuentran las siguientes:

1. Desde el punto de vista motivacional:

- Aumentan significativamente la motivación, debido a la retroalimentación en las conversaciones, lo que permite al alumno redirigirlas en base a su interés.
- La participación de los alumnos es activa.
- Fomentan la reflexión de los alumnos en aquellos temas tratados, favoreciendo su comprensión y, por tanto, fomentando una mayor participación.

2. Desde el punto de vista de la potenciación de valores:

- Fomentan la socialización, el trabajo en equipo, la autonomía y el valor del aprendizaje.

3. Desde el punto de vista didáctico:

- Son un vehículo para el pensamiento crítico.
- La creatividad se ve altamente favorecida.
- Fomentan el aprendizaje en base al propio ritmo del alumno.
- Ayudan a la toma de decisiones y la resolución de problemas.
- Al estar en la web, el contenido puede ser accedido en el momento en que los alumnos quieran.
- Mejoran la capacidad de análisis y coordinación en el alumnado.
- Se pueden mejorar las aportaciones al permitir la edición de las mismas.

4. Desde el punto de vista de fomentar la comunicación:

- Permite que el alumno se exprese libremente.
- Se aumenta la interacción verbal entre los alumnos.
- Se pueden generar varias conversaciones al mismo tiempo.
- Se mejora la coordinación en las tareas.

Otras ventajas de los foros virtuales son la reconducción de las situaciones, a través del papel orientador del profesor, y así asegurar que los hilos de las conversaciones sean los adecuados, el acceso al contenido de la información que se está intercambiando, para asegurar la fiabilidad de las fuentes consultadas y la viabilidad de generar diferentes conversaciones paralelas por separado y que pueden estar inter-relacionadas o no.

Sin embargo, quedan vigentes algunos inconvenientes relacionados con el uso de foros virtuales, principalmente referidos al tiempo y la fluidez que precisa el desarrollo de la interacción a través de las conversaciones, al ser la comunicación asíncrona y, por lo tanto, no coincidir en el tiempo.

Alfageme en [72] considera que los principales obstáculos que se pueden percibir en el empleo de los foros virtuales son:

- Los relacionados con la carencia de formación y organización del profesor, sin embargo, esta carencia va decayendo, debido al hecho de que los docentes cada vez están mejor preparados.
- Los derivados de las metodologías de corte tradicional y presencial, aún vigentes en las aulas.
- El hecho de que los alumnos dejen de lado la competición y entiendan más la importancia de la colaboración, supone un esfuerzo para ellos.

Resulta, además, interesante comentar las conclusiones a las que llegaron Fuks, Pimentel y Pereira de Lucena en [79], en su estudio sobre el efecto del desorden comunicativo o *chat confusion*, en el que evidencian los siguientes problemas:

- La pérdida de contexto, que hace referencia a que un alumno no pueda acceder en un momento concreto a la comunicación y pierda el sentido de la misma. Los autores comentan que una forma de solucionar este problema es etiquetando cada mensaje, sin embargo, se considera que esto lleva consigo el inconveniente de que la conversación puede adquirir un lenguaje más formal.
- La sobrecarga de los mensajes, que se lleva a cabo cuando varios participantes están enviando mensajes de forma simultánea. Si los mensajes son enviados por un único participante, se habla de “desbordamiento de mensajes”.
- La descontextualización, que hace referencia a la dificultad que puede encontrar un participante para integrarse en una conversación en la que no ha participado desde el comienzo.

Los principales inconvenientes del uso de los foros virtuales se recogen en la Tabla 4.1 junto con las posibles soluciones.

Según Romañá en [80], cualquier programa empleado para la gestión de debates a través de foros virtuales en el ámbito educativo ha de tener una herramienta que sirva para el etiquetado de los mensajes, de manera que cada uno de ellos se pueda codificar para que se entienda a simple vista la clase información que contiene.

Por último, resulta necesario hacer una distinción, por un lado entre lo que se conoce como respuestas interactivas, y por el otro, de aquellas que se consideran contributivas [81]. En la Tabla 4.2 queda recogida esta distinción.

Tabla 4.1: Inconvenientes y posibles soluciones planteadas en el uso de los foros virtuales.

	INCONVENIENTES	POSIBLES SOLUCIONES
A NIVEL DE GESTIÓN	Clasificación de respuestas y extracción de conclusiones	Uso de sistemas <i>online</i> que permitan procesar la información.
A NIVEL DE TEMPORALIDAD	Ser un medio asíncrono puede generar problemas	Facilitar los intercambios a nivel del aplicativo
A NIVEL TECNOLÓGICO	El medio puede resultar algo frío	Interfaces personalizadas y dinámicas
A NIVEL DIDÁCTICO	Extrapolación errónea de las respuestas, mezcla de mensajes, uso de lenguaje vulgar, conflictos derivados de la competitividad	El profesor debe fomentar que prime el carácter académico de los foros y se desarrollen relaciones interpersonales equilibradas
A NIVEL DE COMUNICACIÓN	<i>Chat confusion</i> , sobrecarga de mensajes	Etiquetado automático de mensajes

Tabla 4.2: Clasificación de los tipos de respuestas en los foros de discusión.

TIPO DE RESPUESTAS	INTERACTIVAS	NO INTERACTIVAS
CONTRIBUTIVAS	Referencias a autores Respuestas a preguntas de una conversación activa Respuestas a reglas o normas	Repetitivas Autoexplicativas Nuevo hilo
NO CONTRIBUTIVAS	Descontextualizadas Tipo dicotómicas Incomprensibles	Sin respuesta

4.2 Descripción de la experiencia

4.2.1 *Objetivo*

El objetivo principal del estudio consistió principalmente en comprobar si el empleo de los debates virtuales a través de los foros de discusión:

- Constituía una metodología adecuada para la resolución de casos prácticos en la rama de ingeniería y para la búsqueda de aplicaciones a la vida real, su análisis y sus posibles soluciones en matemáticas.
- Representaba una oportunidad alternativa para lograr un aprendizaje significativo, a través de una metodología colaborativa, mejorando la adquisición de competencias.
- Dotaba un mayor protagonismo al alumno, con lo que consigue mejorar su creatividad, ya que le ofrece flexibilidad y una autonomía casi plena.

4.2.2 *Metodología*

En esta sección se detalla una experiencia basada en el uso de foros virtuales en la rama de las matemáticas y se comentan los resultados presentados en el artículo sobre el uso de foros en la rama de ingeniería.

Muestra

Este estudio, además de los resultados que aparecen en el artículo llevado a cabo con una muestra de 256 estudiantes de la rama de ingeniería, recoge los resultados obtenidos durante el curso 2017/2018 de trabajo de campo empleando foros virtuales en la rama de matemáticas.

En la rama de las matemáticas, se estableció un total de 12 temas de debate diferentes y que participaron 51 alumnos de dos titulaciones en las que se impartían diferentes asignaturas de matemáticas y se tuvo en cuenta la duración de los mismos, punto importante a tener muy presente según Johnson, Suriya, Won Yoon, Berett y La Fleur en [82], ya que debe ser acorde a la cantidad y el tipo de trabajo que se va a desarrollar, para poder mantener un nivel de interés adecuado durante el transcurso de las intervenciones.

Diseño de la investigación

Se ha llevado a cabo una investigación de tipo cualitativa, en base a las categorías de las respuestas obtenidas tras las intervenciones, en función de si eran contributivas o no e interactivas o no. El diseño ha sido de tipo investigación-acción ya que se pretende mejorar prácticas concretas de forma que se pueda obtener información que sirva de utilidad para la toma de decisiones, especialmente en la rama de matemáticas.

Las categorías establecidas para valorar las bondades del uso de los foros y poder hacer el análisis de datos, están relacionadas con varias características vinculadas, entre otras, con la calidad, la información aportada o si se adjunta material complementario, en las intervenciones. Estas categorías han permitido valorar el nivel de motivación de los estudiantes, los grados de autonomía y de creatividad, las conclusiones a las que han llegado tras la toma de decisiones en la resolución de los casos prácticos y de las aplicaciones a la vida real de las matemáticas y el nivel de reflexión.

Procedimiento

En este estudio se han utilizado diferentes plataformas que disponen de un sistema de creación y gestión de foros, que incluyen herramientas para medir, la temporalidad, la lectura y muchas otras opciones.

Los temas sobre los que se trabajó, en la rama de matemáticas, a través del empleo de los foros virtuales, fueron propuestos por los alumnos mientras que en rama de la ingeniería se habían consensuado con ellos, de manera que ellos eligieron aquellos que les resultaban más atractivos dentro de los contenidos de las asignaturas.

Así, en la rama de las matemáticas, en cada experiencia se emplearon entre uno y seis debates de una duración comprendida entre una y tres semanas, ajustada al tipo de actividad práctica que se iba a llevar a cabo, siendo la duración media por debate de 1,83 semanas, datos que son menores que los obtenidos en el artículo, debido a que tanto los debates como las asignaturas son diferentes. Para ello, se tuvieron en cuenta la complejidad de los contenidos sobre los que se iba a debatir, los objetivos que se pretendían lograr con cada experiencia, la carga lectiva de cada tema a tratar durante el curso y las opiniones de los alumnos en relación a la duración de los mismos.

Instrumentos de recogida de información

La técnica de recogida de información fue la observación participante ya que el profesor participó en las intervenciones, aunque tratando de intervenir lo menos posible, con el fin de guiarlas y registró los datos obtenidos tras el estudio de las categorías.

Análisis de datos

Las acciones que se llevaron a cabo para la recogida de datos para este estudio fueron:

1. El seguimiento e interpretación de las diferentes conversaciones, en conjunto, que se produjeron en los foros por los propios estudiantes, en ambas ramas.
2. El estudio cualitativo del nivel de logro de los objetivos establecidos para cada tipo de intervención, en ambas ramas.
3. La valoración de las respuestas individuales, observadas en el contexto de la conversación, proporcionadas por los alumnos, en ambas ramas,

4. Además, en el caso de la rama de las matemáticas, la comparación de los resultados obtenidos en los exámenes finales entre los que participaron en los foros y los que no.

4.3 Resultados y discusiones

Los resultados, además de los que aparecen en el artículo, mostraron que en la rama de matemáticas, la mayoría de los de los participantes se sintieron motivados, en alguno de los siguientes grados: muy motivado, bastante motivado o motivado, durante el desarrollo de los debates en los foros de discusión, mientras que sólo un escaso porcentaje de los alumnos comentó que no se sintió motivado.

A partir de los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes consideraciones:

- A través de los foros de discusión, los alumnos valoraron muy positivamente la autonomía de la que disponían y que motivación fue mayor ya que no tenían barreras temporales ni espaciales a la hora de participar.
- El profesor puede determinar, con mayor precisión, el nivel de aprendizaje y conocimiento que adquieren sus alumnos, ya que en la argumentación final de los debates, se ponen de manifiesto estos conocimientos adquiridos. Esto hace que la evaluación sea, por tanto, objetiva y fiel a la realidad.
- Se aumentó la posibilidad de debatir sobre situaciones prácticas relacionadas en ambas ramas de una forma integrada. Destacando, en la rama de matemáticas, que los alumnos comprendieran la importancia de las mismas al trabajar en contextos más cercanos a la vida cotidiana.
- Se considera necesario introducir conceptos a medida que van avanzando las conversaciones en los debates, para poder profundizar en el conocimiento y utilizar cada vez más conceptos relacionados con la temática a estudiar, así como posibles técnicas de resolución de problemas en matemáticas.
- Los alumnos de ambas muestras, que participaron en los debates en los foros, alegaron que sintieron libertad absoluta a la hora de opinar y que pudieron llegar a discutir sobre ideas y posibilidades que los alumnos que no trabajaron en los foros no pudieron lograr y esto les supuso una mejora tanto en la motivación como en el rendimiento, máxime en el caso de las matemáticas.
- En la rama de las matemáticas, además, se observó que aquellos alumnos que participaron en los foros, obtenían mejores resultados en los exámenes finales (más del 70% de aprobados) que aquellos que no participaban (menos del 30% de aprobados).
- Tanto la creatividad como la flexibilidad a nuevas situaciones fueron desarrollándose poco a poco de forma natural y ha ido generando una base de conocimiento.

- Además, el hecho de que los alumnos hayan tenido que buscar aplicaciones a la vida real de las matemáticas, les ha hecho comprender la necesidad de comprenderlas y asimilarlas, así como que existen diferentes formas de resolver un mismo problema.

En base a todo lo anterior, se siguieron las pautas de conducta establecidas por Soller y Lesgold en [83], quienes concluyeron que los aspectos más importantes para llevar a cabo experiencias de participación colaborativa tienen que ver con que los alumnos:

- Compartan sus ideas libremente.
- Participen de forma activa.
- Debatan para la comprensión de los problemas propuestos y de las posibles soluciones.
- Inciten a los compañeros para justificar opiniones y aportar distintos puntos de vista.
- Evalúen su progreso de forma individual y colectiva.
- Se ayuden y animen mutuamente para colaborar en las intervenciones.

A continuación, tras el éxito en las experiencias, se recogen las ventajas que se considera que puede suponer el uso de los foros frente a la clase tradicional:

1. Dinamismo y flexibilidad: los mensajes se reciben con rapidez y se agiliza la toma de decisiones, en ambas ramas.
2. Secuenciación de respuestas en tiempo y forma: se puede disponer de mucha información individual y colectiva ordenada en el tiempo, sobre la evolución de los estudiantes en la toma de decisiones, en ambas ramas.
3. Potenciación de la autonomía: posibilidad de diseño de material de estudio acorde al grupo clase por parte del docente y fomento del trabajo autónomo del alumno en la búsqueda de información para la toma de decisiones, en ambas ramas.
4. Ahorro de tiempo: al hacerse las actividades *online* desde casa, el alumno puede planificarse mejor, en ambas ramas.
5. Amoldamiento al grupo: en función de las expectativas del grupo y sus curiosidades, los debates se pueden ampliar con temas complementarios e incluso añadir conceptos que en otros contextos no se hubieran añadido, especialmente en la rama de matemáticas.
6. Independencia espacial y temporal: los alumnos pueden hacer sus aportaciones desde el lugar en el que estén debido a que con cualquier dispositivo pueden conectarse.
7. Mejora de la evaluación: se potencia la evaluación continua del proceso de aprendizaje, dato que repercute en el alumno tanto en la motivación como en el rendimiento.

8. Interiorización de los conceptos: al comunicarse con compañeros que se enfrentan a los mismos problemas, comprenden mejor los conceptos ya que utilizan un lenguaje más familiar.

Por otro lado, las principales limitaciones con las que nos hemos encontrado en el empleo de los foros virtuales, han sido:

1. Dificultad en la clasificación de las intervenciones y el procesamiento de la información. Se precisan nuevas herramientas que faciliten esta gestión, aunque ya se están implantando.
2. Reelaboración de los materiales de estudio en base a las necesidades del grupo clase.
3. Disponibilidad de tiempo por parte tanto del alumnado y profesorado para poder acceder regularmente al foro y que, de esta forma, la conversación no pierda dinamismo.
4. Conseguir que las respuestas sean contributivas e interactivas.
5. Formación del profesorado en el trabajo en estos entornos, aunque cada vez se encuentran más formados y esta limitación se va minimizando.
6. Dificultad en la comprobación de las fuentes que utilizan para argumentar.
7. Problemas en la continuación de hilos, es decir, los alumnos tienden a crear un hilo nuevo sin recabar en si existe un hilo similar.

La mayor parte de los inconvenientes vienen derivados de las dificultades que quedaron patentes en la implementación de los foros virtuales, ya que fue costoso lograr la implicación de los participantes, tanto alumnos como profesorado, para la puesta en marcha del mismo. Por tal motivo, queda claro que las iniciativas del trabajo colaborativo virtual, como el empleo de los foros virtuales, y la implementación de este tipo de metodologías, requieren un elevado nivel de implicación por parte del profesorado, aunque cada vez se va logrando más.

En estas experiencias se intentó potenciar la adquisición de factores personales, aparte de los cognitivos, como es la motivación intrínseca hacia el aprendizaje, tal y como comenta Serrano en [84]. Además, en relación al aprendizaje constructivo y la búsqueda del significado y del sentido de lo que se hace cuando se logra partiendo del deseo de aprender, es decir, partiendo de factores intrínsecos, se evidenció que, como comenta Míguez en [85], resultan mucho más significativos que si se hace a partir de factores extrínsecos.

4.4 Consideraciones Finales

Debemos tener presente que los modelos de enseñanza que se emplean en la actualidad, aunque están cambiando, requieren una adaptación a cada contexto en particular, de manera que no sean rígidos y estrictos como en la metodología de corte tradicional, ya que, por ejemplo, en el caso de las matemáticas cada vez existen más webs en las que se pueden encontrar *software* o problemas de la vida cotidiana en los que deben usarse éstas.

Se considera que todo debate virtual aplicado a las materias que se exponen supone:

- Un enfoque constructivista integrador en el ámbito STEM para la enseñanza a través de una metodología colaborativa que potencia el aprendizaje significativo.
- Estudiar las bondades de incluir tecnologías en el ámbito formativo como son los foros virtuales y que además permite su combinación con otros medios de debate tanto asíncronos como síncronos y tanto presenciales como no.
- Un nuevo enfoque en la enseñanza colaborativa, a través de la aplicación de foros en forma de debates virtuales para la adquisición de destrezas y estrategias para el planteamiento y resolución de problemas que provengan de situaciones de la vida cotidiana desde un enfoque integrador.

A partir del trabajo comentado, se puede concluir que, el hecho de llevar a cabo experiencias prácticas para trabajar contenidos curriculares desde una perspectiva de su utilidad, empleando para ello foros virtuales, aumenta el aprendizaje significativo y fomenta la participación de los alumnos, siempre y cuando los foros estén bien estructurados e incluso, si se les permite participar o incluso proponer temas de interés para ellos, se incrementa más, aunque para garantizar esto último el profesor debe permanecer activo en el foro.

La toma de decisiones se ve potenciada tras la aplicación de los foros virtuales ya que permiten simular el hacer frente a situaciones de la vida real, conllevando a que el alumno trate de encontrar las posibles soluciones, teniendo en cuenta todos los aspectos que influyen y las diferentes formas de resolver dicho problema, la interpretación de dichas soluciones, etc. De esta manera, se fomenta el aprendizaje crítico y reflexivo y la adquisición de diferentes técnicas de resolución de estos problemas, sobre todo en la rama de las matemáticas.

Los métodos usados, trabajados a través de los foros de debate, permiten el análisis de situaciones de forma grupal de forma más práctica y que permite a los alumnos adquirir conocimientos y técnicas, hecho que favorece la creatividad, de forma colaborativa. Por otro lado, el uso de los foros en la rama de matemáticas también ha dejado constancia de que pueden resultar un buen método de enseñanza para el planteamiento y resolución de problemas de la vida real.

El docente ha de tomar un papel conciliador, tratando de facilitar el proceso en lugar de llevar el control de todo, de forma que los alumnos tengan libertad. Este hecho quedó evidenciado en la experiencia de la rama de ingeniería ya que los alumnos fueron capaces de llevar la experiencia sin ayuda, llegando a razonamientos en los que la defensa de sus posiciones era mucho más receptiva a las críticas constructivas. Sin embargo, en la rama de matemáticas el profesor debió tomar también el rol de director, ya que algunos de los debates tuvieron que ser reorientados al camino adecuado. Asimismo, ha quedado establecido que el profesor ha de intervenir sólo cuando sea estrictamente inevitable y, si se da el caso, es necesario que lo haga para facilitar el hilo de una conversación, en ningún momento puede expresar su opinión personal, a fin de que no se pierda la libertad de temas, aunque si el debate se desvía demasiado, es importante que el propio docente lo pueda reconducir.

Se constata, asimismo, que los resultados obtenidos tras el trabajo de campo empleando foros virtuales de discusión, han llevado a concluir que, en comparación con las clases, se pueden conseguir objetivos de manera mucho más sencilla ya que ha permitido:

- Añadir nuevos aspectos que en las clases no se hubieran considerado y que han sido claves en la mejora de los conocimientos adquiridos por los alumnos.
- Incrementar las estrategias ante un problema concreto y real.
- Desarrollar diferentes conocimientos no sólo prácticos, sino también vinculados con la parte de teoría y que permiten a los alumnos observar una conexión entre ambos mundos.
- El proceso de enseñanza se ha visto incrementado y los alumnos así lo han comentado.
- El aprendizaje colaborativo permite, a su vez, que los alumnos hagan de alumnos y profesores, favoreciendo la empatía tanto con sus compañeros como con los propios docentes.
- Mejorar el conocimiento en cuanto a la fiabilidad de las diversas fuentes consultadas.
- Permitir al alumnado un aprendizaje más profundo al darle la oportunidad de acceder a los contenidos tratados en el momento que lo necesiten o en el que se sienten más motivados.

En relación a la evaluación, claramente formativa, comentar que los alumnos se vieron más motivados a lo largo de sus intervenciones, intentando mejorar paulatinamente su actitud para intervenir de forma más adecuada al tiempo que valoraban el trabajo colectivo. En este contexto, el sistema de evaluación fue definido de forma clara y transparente y que permitió, en la rama de las matemáticas, que los alumnos se guiaran los unos a los otros para mejorar dicha evaluación.

Sin embargo, resulta necesario la implementación de utilidades que permitan seguir todas las argumentaciones de los estudiantes, tanto individuales como en conjunto, para que la evaluación sea lo más objetiva y equitativa posible.

Docencia inversa a través de vídeos para un aprendizaje significativo de contenidos de Matemática Discreta

Los cambios que surgen en la sociedad afectan directamente a las generaciones de alumnos, implicando la necesidad de desarrollo de nuevas metodologías de aula. Paralelamente, las TIC han experimentado reducción en los costes y su uso en las aulas está cada vez más extendido, permitiendo desarrollar y difundir herramientas, aplicaciones y vídeos de gran calidad.

En este sentido, la metodología conocida como educación inversa o *flip teaching*, basada en el estudio del material docente por parte del alumno antes de su exposición en el aula, permite hacer de ésta un espacio en el que se resuelvan problemas, se profundicen conceptos y se trabaje de forma colaborativa.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras la realización de una experiencia de metodología de clase inversa, a través de la utilización de vídeos, llevada a cabo con alumnos de la asignatura de Matemática Discreta, en la que se valora el grado de aceptación, las ventajas y las consideraciones a las que se ha llegado tras la implementación de la misma. Los resultados de esta investigación han sido enviados a una revista de prestigio en el área y están siendo evaluados para su posible publicación.

5.1 Fundamentación teórica

Los constantes cambios en la sociedad y el eminente desarrollo tecnológico, han llevado al desarrollo de nuevas líneas pedagógicas, como es el caso de la metodología de la clase inversa o *flip teaching*.

Los jóvenes, por su condición de “nativos digitales”, no han vivido las transformaciones tecnológicas que han tenido que experimentar muchos de los docentes, por lo que es necesario un cambio en las metodologías de enseñanza, con el fin de poder atender a las necesidades y la realidad del alumno, en definitiva, a la forma que tiene de comunicarse, obtener la información y aprender en la sociedad en la que vive.

Actualmente, los docentes percibimos que cuando los estudiantes llegan a la universidad, tienen un cierto desinterés, al menos en las materias de matemáticas. Al estar habituados a la obtención inmediata de la información, las clases se les hacen aburridas y resulta difícil lograr mantener su atención. Esto conlleva a que las tareas de razonamiento y deducción sean costosas de llevar a cabo por los alumnos.

Estudios como los de Cordero, Jordán y Torregrosa en [86] exponen que los estudiantes consideran que en las clases en las que se aplican metodologías de corte tradicional, los conceptos que se explican están claros y, por lo tanto, no es necesario aplicar un análisis posterior. Por éste y otros motivos, se considera crucial abogar por metodologías de corte más constructivista en las que el alumno sea el protagonista activo de su proceso de aprendizaje.

Hacer de un aula un espacio en el que se aproveche el tiempo lo máximo posible, supone todo un reto para los docentes, pero es el camino a seguir, de forma que el aprendizaje de los alumnos sea significativo y les dé las claves para seguir aprendiendo por sí mismos en el futuro. En este sentido, la educación inversa adquiere todo su potencial. Dicha metodología surge como una evolución de los métodos *peer instruction* [87] y *just in time teaching* [88] y su fundamentación se basa en obtener el máximo rendimiento posible de los tiempos en los que el docente se halla con el alumno en aula.

A través de esta metodología, el alumno debe invertir tiempo fuera del aula para la preparación de la materia [89] y los tiempos de clase se transforman en momentos de resolución de dudas, planteamiento y resolución de casos prácticos, que sirven para dar sentido a los contenidos, etc. Estos espacios adquieren todo su potencial cuando se trabaja en grupo [90, 91]. De esta forma, se favorece el aprendizaje autónomo del alumno, que adquiere un conocimiento a través de la práctica entre iguales, de manera que se intercambian errores, enfoques e impresiones [92].

Como es lógico pensar, el tipo y uso de los materiales didácticos empleados juegan un papel decisivo a la hora de implementar esta metodología, en la que las TIC son de gran aplicación y utilidad. Lo mismo sucede con el rol que adquiere el docente, que debe ser de facilitador del proceso de aprendizaje, de mediador del mismo [93].

En concreto, a la hora de aplicar esta metodología en las clases de matemáticas, estudios como [94, 95, 96] muestran que los estudiantes han valorado positivamente el uso de videos en el aprendizaje de las mismas, que se han sentido más a gusto al usar esa metodología y que su

percepción hacia la utilidad de las matemáticas ha sido mayor que en aquellos que trabajan a través de la metodología tradicional. Por otro lado, autores como Ingram, Wiley, Miller y Wyberg en [97] comentan los beneficios que tiene el uso de esta metodología en las clases de matemáticas en términos de espíritu de equipo, oportunidad de aprendizaje de mayor nivel y tiempo para el desarrollo de proyectos relacionados con contenido matemático.

Es interesante resaltar el estudio llevado a cabo por Cronhjort, Filipsson y Weurlander en [98] sobre la mejora en el proceso de aprendizaje que conlleva la implementación de la metodología *flip* en la clase de cálculo. En su estudio, el valor de la ganancia normalizada como indicador del proceso de aprendizaje, fue un 13% superior en el grupo experimental, grupo que había usado la metodología de la clase inversa, que en el grupo control.

En 2003, se desarrolló Polimedia en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Este sistema de grabación de vídeos de objetos de aprendizaje en alta definición usa estudios audiovisuales de bajo coste para ser distribuidos *offline* a través de una plataforma como Sakai [99]. Muchos de esos vídeos forman parte de un repositorio, Riunet, y, aunque se puede acceder a ellos libremente, se ponen a disposición de los alumnos utilizando Poliformat, plataforma de comunicación e intercambio de materiales docentes, exámenes, tareas, etc., entre alumnos y profesores, que facilita, entre otras actividades, la implementación de la docencia inversa [100, 101].

Este estudio surge como continuidad de otro llevado a cabo con contenidos relativos a las asignaturas de Matemática Discreta (MAD) de primer curso y Grafos, Modelos y Aplicaciones (GMA) de cuarto curso del grado de Ingeniería Informática de la Escuela Técnica Superior de la UPV [102, 103].

Para la implementación de la docencia inversa en estas asignaturas, nos apoyamos, además de en una colección de vídeos del catálogo de Riunet, en una OpenCourseWare (OCW) [104], que incorpora 40 vídeos Polimedia, y de dos cursos online masivos y abiertos, Massive On line Open Course (MOOC), [100, 101], constituidos a su vez por 80 vídeos Polimedia.

5.2 Descripción de la experiencia

En este apartado se recoge la descripción de la experiencia llevada a cabo en la asignatura de MAD de primer curso.

5.2.1 Objetivos

Los objetivos planteados en este estudio han sido:

- Facilitar una buena y más profunda aprehensión de los conceptos matemáticos a estudiar por parte de los alumnos.
- Facilitar la participación verbal por parte de los alumnos en el aula, de forma que ésta se convierta en un espacio de discusión, a nivel global de la clase, en la que todos participan, en

primer lugar a instancia del profesor y, posteriormente, según se habitúan a la metodología y cogen confianza, de forma voluntaria y activa.

- Fomentar que los alumnos estudien de forma continua las asignaturas.
- Aumentar la motivación del alumnado hacia el aprendizaje de los conceptos matemáticos estudiados.
- Estudiar las valoraciones de los alumnos tras el uso de esta metodología.

5.2.2 Metodología

Muestra

La experiencia se ha llevado a cabo con alumnos de Matemática Discreta de diferentes cursos y años. Concretamente se ha realizado con 24 alumnos de la asignatura MAD de primer curso de un grupo piloto (en todas las asignaturas usaron *flip*) del año académico 2017-2018, 46 alumnos de la asignatura MAD de primer curso del doble título de Informática y Administración de Empresas (DTU) del año 2016-2017 (tanto en las clases de teoría como en las de prácticas) y 45 alumnos de dos grupos de prácticas de la asignatura MAD de primer curso del Grado en Ingeniería Informática del año 2017-2018, quienes siguieron la metodología tradicional en las clases de teoría.

Los grupos que aparecen en el estudio han sido codificados de la siguiente manera:

- Grupo MAD-1, con la siguiente información:
 - Asignatura: MAD
 - Grupo: Piloto
 - Horas Semanales: 6
 - Semanas: 15
 - Alumnos: 24
- Grupo MAD-2, con la siguiente información:
 - Asignatura: MAD (Informática y ADE)
 - Horas Semanales: 4,5
 - Semanas: 15
 - Alumnos: 46
- Grupo MAD-Total, con la siguiente información:

- Suma de los grupos MAD-1 y MAD-2.
- Grupo MAD-Prácticas, con la siguiente información:
 - Asignatura: MAD
 - Grupo: Prácticas
 - Horas semanales: 1,5
 - Semanas: 9
 - Alumnos: 45

Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es pre-experimental, de tipo descriptivo, basado en el estudio de los porcentajes de alumnos que prefieren la metodología inversa frente a la tradicional y el cálculo de los valores medios de algunos de los ítems valorados y, de tipo correlacional, ya que se ha llevado a cabo un estudio de las correlaciones entre los ítems distinguiendo, asimismo, entre los alumnos que prefieren *flip* y la metodología tradicional.

Procedimiento

En relación a la motivación previa de los estudiantes a recibir docencia según la metodología *flip*, se ha tenido en cuenta, a la hora de desarrollar la experiencia, que es necesario que se les presenten las ventajas que tiene su aplicación, como comentan autores como Talbert en [96] y Tucker en [91].

Por otro lado, en relación a los materiales, se ha desarrollado una programación semanal con las tareas a realizar por parte del alumno y se han elaborado vídeos Polimedia, para fomentar su interés, en los que se utiliza un lenguaje técnico preciso, tanto verbal como escrito.

En cuanto a las actividades desarrolladas destacan:

- La visualización de los vídeos Polimedia que, además de ayudar al alumno en la adquisición de un lenguaje verbal correcto, constituyen un elemento motivador que permite un mayor acercamiento a la materia.
- La resolución de preguntas sobre el material estudiado previamente por los alumnos, de manera que al tiempo que se aclaran, refuerzan y profundizan los conceptos estudiados a partir de los vídeos, se fomente la participación en el aula.
- La resolución de problemas para casa individualmente, que ayudan a consolidar y complementar los conocimientos adquiridos a partir de la visualización de los vídeos y la posterior discusión en el aula. Con esta actividad, al igual que con el análisis de conceptos tras el

uso de los vídeos, se potencia que los alumnos desarrollen competencias transversales, como el uso adecuado del lenguaje a través del trabajo cooperativo [105].

- La resolución de problemas propuestos para resolver en grupos de 2 ó 3 alumnos, fuera del aula, los cuales forman parte de la evaluación continua.
- Resolución de test (preguntas aleatorias) utilizando la plataforma Poliformat. Esta actividad es principalmente formativa, dado que se les permite hacer, en cada ocasión, un test de prueba que no puntúa, que por un lado les indica si han aprehendido los conocimientos o deben estudiar más antes del test definitivo y, por otro, es instructivo, desde el punto de vista de contenidos, puesto que se les formulan preguntas que, en muchas ocasiones, no se habían planteado.

En relación a la evaluación, se ha optado por una evaluación continua del proceso de aprendizaje basada en la participación, la resolución de problemas por el grupo de trabajo y la calificación obtenida en los test realizados en Poliformat (Sakai), además de una evaluación sumativa que se ha basado en una prueba escrita.

Instrumentos de recogida de información

Los datos se han obtenido a través de cuestionarios realizados con Google Docs[®]. Los distintos ítems han sido categorizados en escala tipo Likert (1 al 5), siendo 1 totalmente desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, y son los mostrados a continuación:

- Me gustaban las matemáticas antes de entrar en la universidad.
- La asignatura MAD me ha parecido difícil.
- El esfuerzo realizado creo que ha merecido la pena.
- Los ejercicios y tareas propuestos semanalmente me han ayudado a llevar la asignatura al día.
- El ritmo seguido en la clase ha sido adecuado.
- El ambiente en la clase ha sido agradable.
- En general me ha gustado la metodología seguida en clase.
- Visualizar vídeos en casa y utilizar el tiempo de clase para aclarar conceptos, profundizar en la materia y resolver ejercicios favorece mi aprendizaje.
- La *flip teaching* permite una mayor interacción profesor-alumno que considero favorece mi aprendizaje.
- La *flip teaching* me ayuda a llegar mejor preparado a los exámenes.

Además, se recogió otra información, como la nota de acceso o la nota de MAD.

Análisis de datos

Se ha llevado a cabo un análisis descriptivo, basado en el cálculo del porcentaje de alumnos que prefieren la metodología *flip* frente a los que prefieren la metodología tradicional y se han calculado los valores medios de algunos de los ítems a través del paquete estadístico SPSS.

Además, se ha llevado a cabo un estudio de correlaciones entre algunos de los distintos ítems según la preferencia o no de *flip*. Debido a que estamos ante supuestos no paramétricos, se ha tomado el coeficiente de correlación Rho de Spearman como estadístico para el análisis y se ha establecido como hipótesis nula, H_0 , el hecho de no haber correlación entre las variables para un nivel de significación de 0,01. En el caso de que la prueba de hipótesis dé resultados de nivel de significación menor a 0,01, se puede rechazar tal hipótesis y concluir que hay correlación entre los ítems.

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Análisis de los estadísticos descriptivos

En la Figura 5.1 se recogen los resultados de los porcentajes de preferencia de la metodología *flip* y la tradicional de los alumnos.

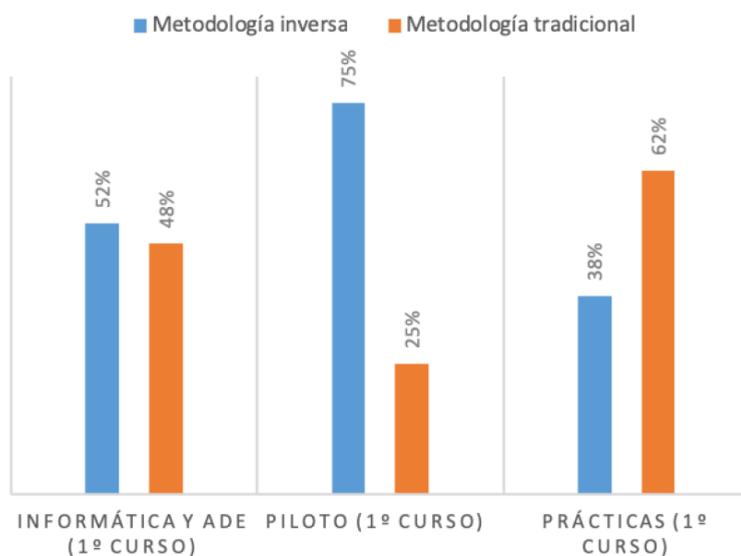


Figura 5.1: Resultados de la preferencia entre la metodología *flip* y la tradicional.

Tal y como se puede observar, en global, los alumnos prefieren la metodología de clase inversa, especialmente en el grupo piloto de primero donde la diferencia es muy grande respecto al porcentaje que prefiere la tradicional. En el doble título de Informática y ADE los valores de porcentajes de alumnos que prefieren *flip* y tradicional han sido similares y en el grupo de prácticas el 62% de los alumnos han preferido una metodología tradicional.

Esto nos lleva a concluir que, en los grupos donde ha habido solo prácticas, los alumnos no terminan de valorar positivamente la metodología inversa, lo que podemos interpretar como que esta nueva metodología necesita de un periodo de adaptación.

En la Tabla 5.1 se recogen los resultados de los estadísticos descriptivos de algunos de los ítems del cuestionario.

Tabla 5.1: Resultados de valores medios de algunos ítems.

	MAD-1	MAD-2	MAD-Total	MAD-Prácticas	Puntuación Máxima
Nota media de entrada en la universidad	7,44	8,43	8,06	8,29	14
Nota media obtenida en MAD	5,47	6,74	6,26	6,33	10
La metodología <i>flip</i> (visualizar videos en casa y utilizar el tiempo de clase para aclarar, profundizar y relacionar conceptos, así como resolver ejercicios) ayudó a mi aprendizaje	4,13	3,56	3,77	3,71	5
La interacción profesor-alumno que genera la metodología <i>flip</i> ayudó a mi aprendizaje	3,88	3,44	3,6	3,17	5
En general me ha gustado la metodología seguida en clase	3,81	4	3,93	3,29	5

Como se puede observar, a mayor número de horas de implementación de esta metodología mejor es la valoración de los alumnos. Observamos, en la Figura 5.1, que los alumnos de "solo prácticas" no terminan de valorar positivamente la metodología inversa y que, aunque, según los datos de la Tabla 5.1, la valoración sobre si esta metodología ayudó en su aprendizaje no es mucho menor que en el resto de cursos, sí que se diferencia más en el caso del ítem relativo a la interacción con el profesor. Señalamos que estos alumnos, solo recibieron clase siguiendo esta metodología durante 1,5 h a la semana en un periodo de 9 semanas, lo que representa mucho menos tiempo que el resto de los grupos. Creemos que es este factor el que implica la percepción del alumno de una menor interacción con el profesor y uno de los que, por tanto, influye en que, aunque considere que proporcione un buen aprendizaje, se decante en su elección por una metodología más tradicional. Podemos deducir que esta nueva metodología necesita

de un periodo de adaptación (al trabajo diario, estudio previo, etc.), en el que aumentará su interacción con el profesor y el nuevo trabajo se convertirá en hábito, para que sea bien aceptada por los alumnos.

Por otro lado, la nota de acceso a la universidad también ha influido entre los alumnos de MAD. Los alumnos del doble grado y los de prácticas son los que mayores notas de acceso han tenido y los que, a su vez, han obtenido mejor nota en la asignatura.

En definitiva, los alumnos del grupo piloto son los que se muestran más de acuerdo con que la educación inversa favorece el proceso de aprendizaje, lo cual puede deberse a que este grupo tiene un perfil diferente, puesto que se formó atendiendo a la petición explícita de los alumnos combinado con tratarse de un grupo con menor número de estudiantes.

5.3.2 *Análisis de las correlaciones entre los distintos ítems del cuestionario*

Se ha llevado a cabo un estudio de las correlaciones entre algunos de los ítems del cuestionario de los alumnos de MAD, distinguiendo entre los que prefieren metodología inversa o tradicional. Los resultados se recogen en la Tabla 5.2.

A partir de los datos de la Tabla 5.2 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los alumnos consideran que la nota que se obtiene en MAD está relacionada con el nivel de dificultad, el esfuerzo que hay que realizar, el hecho de que las tareas y los ejercicios les hayan ayudado y el gusto por la metodología empleada. Entre los alumnos que prefieren la metodología *flip*, hay una correlación inversa entre la dificultad de MAD y la nota en MAD, por lo que consideran que cuanto más difícil es MAD menos nota obtienen con esta metodología. Esto no se aprecia con los alumnos que prefieren la metodología tradicional. Además, en este tipo de alumnado también hay una correlación entre el hecho de que las tareas les hayan servido y que les guste la metodología con la nota obtenida. Se puede concluir que tanto la utilidad de los ejercicios como la dificultad, se pueden percibir mejor cuando se trabaja con metodología inversa, ya que requiere un trabajo continuo por parte del alumno, por lo que éste lo valora más durante todo el proceso. Por otro lado, para los alumnos que prefieren la metodología tradicional, la nota en MAD está correlacionada con el esfuerzo que hay que hacer a lo largo del curso, aspecto que no sucede con los alumnos que prefieren la metodología *flip*. Se puede concluir que, para los alumnos que prefieren la metodología tradicional, el estudio de la materia supone mucho esfuerzo, mientras que los de docencia inversa, al ir trabajando de forma progresiva, consideran el esfuerzo menor.
- Existe una correlación significativa, en los alumnos que prefieren *flip*, entre el esfuerzo que tienen que hacer y el hecho de que el ambiente de la clase haya sido agradable, por lo que se puede concluir que consideran que para poder aprovechar las clases con esta metodología, de forma que sean participativas, es necesario un esfuerzo previo, y viceversa, es decir, el hecho de saber que el ambiente será agradable, les hace esforzarse más. Por otro lado, entre los alumnos que prefieren la metodología tradicional, el ritmo de la clase y el ambiente están correlacionados.

Tabla 5.2: Estudio de las correlaciones (Rho de Spearman, * correlación significativa al nivel 0,05 y ** correlación significativa al nivel 0,01) entre los ítems del cuestionario de los alumnos de MAD distinguiendo entre alumnos que prefieren *flip* y los que no (C.C. es coeficiente de correlación y sig. es significacion).

	NOTA_MAD		AMBIENTE		GUSTAR		VIDEOS_CASA		PREPARAR_EXAMEN	
	C.C.	Sig.	C.C.	Sig.	C.C.	Sig.	C.C.	Sig.	C.C.	Sig.
DIF_MAD_Flip	-,525**	0,004	-0,045	0,819	-0,168	0,392	-0,235	0,229	-,375*	0,049
DIFICULTAD_MAD_Trad.	-0,427	0,113	-0,205	0,463	-0,253	0,362	-0,353	0,196	-,552*	0,033
ESF_Flip	,407*	0,031	,564**	0,002	,559**	0,002	-0,037	0,85	0,304	0,115
ESF_Trad	,765**	0,001	0,401	0,139	,540*	0,038	0,203	0,467	,572*	0,026
EJER_TAR_Flip	,562**	0,002	,421*	0,026	,623**	0	0,176	0,37	0,195	0,32
EJER_TAR_Trad.	0,224	0,423	0,44	0,1	0,285	0,303	0,374	0,17	0,183	0,515
RITMO_Flip	0,15	0,446	,407*	0,031	,544**	0,003	0,062	0,754	0,327	0,09
RITMO_Trad.	0,233	0,404	,739**	0,002	,605*	0,017	0,065	0,819	0,131	0,643
AMBIENTE_Flip	0,119	0,545	1	.	,534**	0,003	0,125	0,527	0,111	0,576
AMBIENTE_Trad.	0,284	0,306	1	.	,605*	0,017	0,065	0,819	0,131	0,643
GUSTAR_Flip	,574**	0,001	,534**	0,003	1	.	0,201	0,306	,451*	0,016
GUSTAR_Trad.	,624*	0,013	,605*	0,017	1	.	-0,295	0,285	-0,057	0,839
INTER_P_A_Flip	-0,015	0,938	0,205	0,297	0,332	0,084	,776**	0,001	,764**	0
INTER_P_A_Trad.	0,196	0,485	-0,077	0,784	-0,003	0,991	0,165	0,4	,619*	0,014
PREP_EX_Flip	0,243	0,213	0,111	0,576	,451*	0,016	,686**	0,005	1	.
PREP_EX_Trad.	0,375	0,168	0,131	0,643	-0,057	0,839	,459*	0,014	1	.

- Se ha obtenido una correlación significativa, en los alumnos que prefieren *flip*, entre el esfuerzo, el hecho de que las tareas y ejercicios les hayan ayudado y el ritmo de la clase, con el gusto por la metodología usada, la cual no se aprecia en los alumnos que prefieren la metodología tradicional. Esto implica que para los alumnos que prefieren *flip*, cuanto mejor es el entorno de trabajo y más disfrutan, más se esfuerzan. Se deduce, por lo tanto, que la metodología de docencia inversa favorece entornos colaborativos de aprendizaje.
- Se observa una correlación significativa, en los alumnos que prefieren *flip*, entre el hecho de que visualizar vídeos en casa favorezca su aprendizaje, con considerar que la interacción profesor-alumno favorezca el aprendizaje e ir mejor preparado a los exámenes. Estas correlaciones no se aprecian entre los alumnos que prefieren la metodología tradicional, quizá porque no han visto vídeos o no lo han hecho siguiendo las pautas marcadas en clase, por lo que se puede concluir que los vídeos les ayudan a mantener una relación académica mejor con el profesor y llegar mejor preparados a los exámenes, aspectos que también están correlacionados.

5.4 Consideraciones finales

A la luz de los resultados obtenidos, los objetivos planteados en el estudio se han alcanzado y se concluye que el nivel de logro de los mismos depende del grado en el que el alumno se involucra con la metodología, ya que requiere una actuación muy activa por su parte. Este método es beneficioso, sobre todo para los alumnos que sienten inquietud por la asignatura y trabajan diariamente, de manera que aprovechan las clases, dejándose guiar por el docente.

Algunas conclusiones que se pueden extraer tras la implementación de esta metodología son:

- Cuando los alumnos revisan previamente el material, son más receptivos en el aula, son de mayor utilidad las aportaciones del profesor y las clases se convierten en entornos colaborativos de aprendizaje en los que hay un *feedback* inmediato de cualquier duda que se plantee.
- La participación verbal en el aula hace que los alumnos mejoren su expresión verbal a la hora de defender sus razonamientos.
- La motivación del alumno aumenta, como se afirma en estudios como el que aparece en [106], ya que no se invierte tanto tiempo en el aula en la parte teórica, que resulta la más tediosa de las matemáticas. Esto hace que los alumnos aprendan a su propio ritmo y trabajen en el aula de forma más participativa, lo cual aumenta su motivación hacia la asignatura.
- Los alumnos aprecian positivamente la interacción con el docente y consideran que los vídeos hacen que mejore su aprendizaje.
- Los estudiantes consideran que la carga de trabajo es mayor debido al trabajo continuado, pero al estar repartida, el esfuerzo global no se considera tan elevado como si se siguiera una metodología tradicional.

En cuanto al alumno se refiere, los factores más comunes, según nuestra experiencia, que pueden poner en peligro el éxito de la metodología son:

- Falta de hábito de trabajo diario.
- Reticencia a cambiar de metodología.
- Actividades extracurriculares a las que el estudiante dedica mucho tiempo.
- Posible solapamiento de trabajo con otras asignaturas.

Algunos de los aspectos generales que se han visto imprescindibles y en los que hay que hacer especial hincapié a la hora de implementar esta metodología son:

- Los materiales que se presenten al alumno deben ser muy claros y atractivos ya que éste los va a estudiar en casa antes de la discusión en aula. Además, la programación debe ser detallada y estar disponible al principio de cada semana.
- En aquellas ocasiones en las que se perciba que el alumnado no trabaja en casa los contenidos, será necesario hacer una prueba antes de cada sesión presencial que compute en la nota para instarles a hacerlo.
- Es mejor que las clases presenciales no sean en días correlativos, ya que esto puede afectar negativamente a la propia implementación de la metodología, haciendo que los alumnos no tengan tiempo de revisar el material para la clase siguiente.
- Es necesario hacer que todos los alumnos participen en el aula.

Por lo tanto, se puede decir que la educación inversa, como cualquier metodología, presenta dificultades en su implementación. Además de las habituales, requiere un esfuerzo mayor por parte del profesor y resulta crucial que el grupo clase se involucre y quiera implementar esta metodología de trabajo. Sin embargo, consideramos que es una experiencia que merece la pena llevar a cabo ya que los beneficios que conlleva en el proceso de aprendizaje son altos, promoviendo que sea significativo.

Por último, destacar que se están analizando los resultados de la experiencia llevada a cabo con los alumnos de cuarto curso que han empleado la metodología *flip* de la asignatura de Grafos, Modelos y Aplicaciones, a los que se les ha pasado encuestas de carácter cuantitativo y cualitativo. Comentar que la primera aproximación en el análisis de datos, está reportando resultados de satisfacción muy positivos entre este alumnado. En relación a la parte cuantitativa, podemos decir que el 74% se decanta por la metodología *flip* y dan una valoración de 4,62 sobre 5 al grado de satisfacción con la asignatura, a falta de cumplimentar con el análisis de correlaciones.

Capítulo 6

Metodología colaborativa en entornos virtuales a través de la técnica del rompecabezas para el aprendizaje de las matemáticas

Basado en [14] L. Orcos, R. Arias, N. Aris, N.y Á. A. Magreñán. "Collaborative learning: implementation of Jigsaw technique in Google." 2nd. International conference on higher education advances (HEAD'16). Editorial Universitat Politècnica de València. 2016, págs. 373-380. DOI: 10.4995/HEAD16.2016.2772.

Los resultados del último informe publicado en 2016 del Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos (PISA) [4], revelan que cada vez hay más declive en la actitud de los alumnos hacia las ciencias y las matemáticas. Es nuestra labor como docentes dejar atrás el empleo de las metodologías tradicionales, que no resultan atractivas para los alumnos de la sociedad actual, conocidos como “nativos digitales”, y emplear metodologías alternativas usando las TIC [107]. En este sentido, la incorporación de técnicas de *Blended-learning* en el aula y fuera de ella, basadas en el aprendizaje colaborativo en un entorno Google[®], pueden resultar altamente motivacionales para alumnos y potenciar que logren un aprendizaje significativo.

En este capítulo se recoge una experiencia que pretende valorar la efectividad de la técnica de aprendizaje colaborativo *Jigsaw II* o técnica del Rompecabezas en el entorno *online* Google[®].

Para ello, se comienza explicando las principales técnicas de aprendizaje colaborativo así como la implementación de las mismas en entornos *online*, para pasar, posteriormente, a describir la experiencia de aula llevada a cabo.

Parte de los resultados de este estudio se encuentran publicados en [14]. Este estudio surge como la continuación del trabajo desarrollado en [108]. Además, tomando como base dicho trabajo, se resumen la fundamentación teórica y el proceso llevado a cabo, y se describen tanto la experiencia como los resultados obtenidos. En este capítulo, además, se volvieron a revisar los resultados obtenidos en la medición y se añaden pruebas estadísticas (pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk y pruebas para la comparación de medias *W* de Wilcoxon y *T* de Student para grupos relacionados) para poder determinar que la diferencia de medias en el grupo experimental es significativa, aspecto que en el trabajo inicial no se realizó y que tampoco se introdujo en el artículo publicado, y concluir que éstas no se deben al azar, dotando al estudio de validez.

6.1 Metodologías de aprendizaje colaborativo

Según la teoría del conectivismo de Stephen Downes [109] y George Siemens [110], resulta crucial comprender el motivo por el que es tan complicado el aprendizaje en una era digital. Éste es el motivo por el cual, cada vez se apela más por el uso de metodologías innovadoras, como el aprendizaje colaborativo, el cual se adapta a las bases del aprendizaje basado en el logro competencial.

Algunas de las técnicas de aprendizaje colaborativo son:

- Aprender juntos [111]: se basa en la formación de grupos de trabajo de cuatro o seis miembros de forma que los alumnos, dentro del grupo, resuelven un caso o unos ejercicios tras la explicación de los contenidos por parte del docente, de manera que la calificación es grupal.
- Grupo de investigación [112]: se basa en la formación de grupos de dos a seis miembros los cuales llevan a cabo una investigación cuyo tema es escogido por el profesor en base a los intereses y conocimientos previos de los alumnos. El profesor ha de facilitar todos los recursos y supervisar el trabajo y los alumnos tienen que dividirse el trabajo y

han de coordinarse para hacer las actividades propuestas. El resultado es la elaboración de un informe o una presentación y la calificación puede ser o bien grupal o bien individual.

- *Jigsaw* [113]: se basa en la formación de grupos de seis miembros de manera que cada uno trabaje sobre una parte de un tema dividido en seis partes. El resultado de la unión de todas las partes dará un resultado global de la temática trabajada y la evaluación suele ser individual.
- *Jigsaw II* o del Rompecabezas [114]: se basa en la formación de grupos de cuatro o cinco miembros que constituyen los grupos base. A cada miembro se le asigna una parte del tema de la que ha de convertirse en experto, de manera que cuando los expertos de cada una de las partes se juntan, puedan debatir determinados aspectos para llegar a un consenso común. Seguidamente los alumnos de los grupos de expertos regresan a los grupos base y explican lo que se ha decidido a los compañeros. La evaluación puede ser tanto grupal como individual sobre todo el tema.
- Equipos de rendimiento, conocido como STAD (*Student Teams-Achievement Division*) [115]: consiste en la formación de grupos de cuatro o cinco miembros de forma que estén compuestos por alumnos que tengan distintas habilidades, es decir, que sean heterogéneos. Es similar a la técnica “aprendiendo juntos” ya que cada alumno hace una parte que luego juntan, pero en este caso la evaluación es individual.
- Equipos de torneo, conocido como TGT (*Teams-Games-Tournaments*) [116]: el procedimiento es el mismo que el de la técnica STAD pero en vez de hacer un examen individual se lleva a cabo un sistema de torneos para obtener la calificación.
- Equipos de enseñanza individualizada asistida, conocido como TAI (*Team-Assisted Individualization*) [117]: consiste en la formación de grupos de cuatro o cinco miembros a los que se les enseña una habilidad concreta a cada uno, en el caso de las matemáticas, esta técnica es muy usada. Los alumnos de otros grupos siguen trabajando mientras se explica a un grupo concreto. La evaluación es fundamentalmente individual y se puede añadir un porcentaje grupal, según lo que ha trabajado el equipo.
- Estructuras de controversia [118]: se usa mucho en los debates para temas de controversia y consiste en la formación de grupos de cuatro miembros que trabajan por parejas de manera que cada una adopta una postura (pro o contra) sobre un tema controvertido que ha preparado el profesor previamente. La calificación es grupal y se basa en la redacción de un informe.

Aronson *et al.* en [113] comentan que la técnica *Jigsaw* resulta de gran relevancia cuando se trabaja con un alumnado no muy integrado en el aula y, además, tiene las siguientes ventajas [119]:

- Se mejora la interacción con los alumnos, así como el respeto, ya que se tienen que escuchar entre ellos.
- Se potencian actitudes positivas hacia el aprendizaje.
- Se mejoran la autoestima y la empatía.
- Se trabaja con mayor libertad, reduciendo las tensiones y los prejuicios.
- Se mejora el rendimiento académico.
- Se fomenta el compañerismo, dejando más de lado la competición.
- Los alumnos aprenden los unos de los otros.

Estas ventajas se pueden trasladar a la técnica *Jigsaw II*, que es sobre la que trata este estudio.

6.2 Aprendizaje colaborativo *online*

Autores como Salmerón, Rodríguez y Gutiérrez en [120], describen algunas experiencias de aprendizaje colaborativo a través de ordenadores, concluyendo en las mejoras que supone para las habilidades comunicativas, motivación y rendimiento académico. Sin embargo, consideran que la efectividad en el aprendizaje implica que:

- Se puedan transformar procesos interpsicológicos en intrapsicológicos.
- Haya calidad en el proceso de aprendizaje y se tenga en cuenta la contextualización.
- Se potencie la competencia digital.

García-Valcárcel, Basilotta y López en [121] recogieron los resultados obtenidos sobre las diferentes prácticas basadas en el aprendizaje colaborativo usando TIC, llevadas a cabo por diferentes

profesores y las valoraciones que ellos mismos hacían. Tales resultados mostraron que consideraban que este tipo de metodologías fomentan el aprendizaje transversal, aunque se requiere mayor preparación y dedicación por parte del profesorado.

Cabero en [122] comenta, acerca del valor de las comunidades virtuales, en relación a lo que implican en la compartición de valores e intereses. Se basan en un intercambio multidireccional de información a través de herramientas de comunicación tanto síncronas como asíncronas. Por otro lado, los LMS (*Learning Management Systems*) permiten de forma sencilla el intercambio de información. Dentro de éstas, existen algunas que requieren un desembolso económico como WebCT[®], y otras que no, como Moodle[®] o incluso basadas en entornos en la nube, como Google[®].

En la actualidad, existen multitud de sitios *web* que ofrecen diferentes herramientas y recursos que pueden ser usadas en la enseñanza de las matemáticas. La mayoría de estos recursos sólo ofrecen la solución a diferentes problemas, sin dejar constancia del proceso que se ha llevado a cabo para encontrar dicha solución, pero cada vez más se están introduciendo herramientas en las que se desarrollan todos los pasos para resolver el problema.

Estudios como [123], ponen de manifiesto que la actitud que los alumnos toman hacia las matemáticas y, los resultados académicos obtenidos que obtienen, están vinculados con el uso de plataformas de aprendizaje *online*. Por otro lado, a nivel teórico existen también diferentes estudios, como por ejemplo [124], vinculados con metodologías que consigan un aprendizaje colaborativo pero, relacionados con las matemáticas, el número de estos estudios es muy bajo y, por ello, se lleva a cabo este estudio.

6.3 Descripción de la experiencia

En esta sección se detalla una experiencia de aula llevada a cabo empleando la técnica *Jigsaw II* o Rompecabezas en un entorno colaborativo *online* para el aprendizaje de matemáticas.

6.3.1 Objetivos

El objetivo general de esta investigación es valorar la mejora de los resultados de matemáticas y la satisfacción de los alumnos a través de la incorporación de la técnica colaborativa *Jigsaw II*, empleando herramientas *online* que proporcionen los recursos necesarios para trabajar en un entorno Google[®].

El objetivo general se puede desglosar en los siguientes objetivos específicos:

- Implementar la técnica colaborativa *Jigsaw II* en un entorno Google[®].
- Incrementar la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje de contenidos matemáticos.
- Estudiar la mejora de los resultados académicos de los alumnos en el área de matemáticas.

6.3.2 Metodología

Requisitos previos

A partir del estudio bibliográfico, se ha optado por desarrollar la implementación de una metodología basada en el uso de la técnica Jigsaw II para el aprendizaje de los contenidos de potencias de números enteros y racionales en un muestra de alumnos de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria.

El motivo por el que se optó por trabajar estos contenidos curriculares fue que los resultados de las pruebas iniciales, llevadas a cabo al principio de curso, reportaron bajas calificaciones en los estudiantes y el hecho de que se trata de operaciones básicas que los alumnos deben aprender de forma adecuada, para seguir avanzando en los siguientes niveles de la Educación Secundaria Obligatoria y su motivación hacia las mismas.

Para poder abordar esta investigación fue necesario identificar la situación inicial del alumnado y profesorado en relación a:

- Conocer los conocimientos previos de los alumnos en el uso de entornos virtuales y la motivación que tiene ellos a la hora de usarlos.
- Indagar en las expectativas, experiencias y opinión de los docentes respecto al empleo de estas prácticas de aula y también del uso de entornos virtuales.

Muestra

Dada su naturaleza de estudio piloto, la muestra ha consistido en 28 alumnos de diferentes cursos de Educación Secundaria Obligatoria con los que se han realizado ejercicios de potencias. Por otro lado, para la comparativa entre un grupo control y experimental se han tomado solo alumnos de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria, estableciendo para ello un grupo control, 8 alumnos, que han trabajado los contenidos de forma tradicional y un grupo experimental, 10 alumnos, con el cual se trabajó mediante la metodología *Jigsaw II* en entorno virtual Google[®]. Los grupos han sido homogéneos y se constituyeron a partir de los resultados de la prueba inicial.

La muestra ha contado con dos alumnos con necesidades educativas especiales, por lo que ha sido necesaria la colaboración del orientador del centro.

Diseño de la investigación

La metodología empleada en esta investigación es cuantitativa y de tipo cuasi-experimental, ya que se van a considerar dos grupos, uno control y otro experimental, en los que se distribuirán los alumnos de forma homogénea, a partir de los resultados del pre-test.

La variable independiente es el uso o no del entorno colaborativo virtual, mientras que las variables dependientes son los datos obtenidos en los resultados numéricos de las realidades observables planteadas:

- La competencia digital, en términos del manejo de las TIC, la cual se evalúa a partir de las aportaciones realizadas en entornos de comunicación virtuales asíncronos por los participantes de cada grupo.
- La competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, que puede ser medida a través de la valoración en el aula y que tiene como pilar fundamental el ingenio.
- La adquisición de conocimientos relacionados con las potencias de números enteros y racionales, valorada a través de la prueba estadística de comparación de medias entre grupos tanto relacionados, en el caso del grupo experimental, como independientes en el caso de comparar los resultados del post-test.

Se recogen los resultados de la prueba inicial, pre-test, de los alumnos que formaron ambos grupos y los de un post-test, posterior a la intervención, con el fin de poder comparar el rendimiento académico obtenido por los alumnos.

También se ha llevado a cabo una encuesta de satisfacción durante todo el proceso, con el fin de averiguar el grado de motivación de los alumnos en la realización de la experiencia.

Instrumentos de recogida de información

Post-test

1. Elige la respuesta correcta:

- Todo número elevado a cero es cero
- Todo número elevado a cero es uno
- Todo número elevado a cero es el mismo número
- No se puede multiplicar un número entre cero del mismo modo que no se puede dividir un número entre cero

2. El resultado de la operación

$$2^5 : 2^3 \times 2^2 =$$

- 0
- 1
- 4
- 16

3. Selecciona la respuesta correcta:

- Para multiplicar potencias con la misma base, se pone la base y se multiplican los exponentes
- Para multiplicar potencias con la misma base, se pone la base y se restan los exponentes
- Para multiplicar potencias con la misma base, se pone la base y se suman los exponentes
- Para multiplicar potencias con la misma base, se pone la base y se dividen los exponentes

4. Selecciona la respuesta correcta:

- Para dividir potencias con la misma base, se pone la base y se restan los exponentes
- Para dividir potencias con la misma base, se pone la base y se suman los exponentes
- Para dividir potencias con la misma base, se pone la base y se multiplican los exponentes
- Para dividir potencias con la misma base, se pone la base y se dividen los exponentes

5. Cualquier número elevado a 1 es:

- 0
- 1
- El mismo número
- Depende del número

6. El resultado de la operación es:

$$2 + 2^7 : (2^2)^3$$

- 4
- 16
- 32
- 64

7. El resultado de la operación es:

$$(5^3 \times 3^5 \times 5^4)/(3^2 \times 5^3 \times 5^0)$$

- 5
- 15750
- 16875
- 375

8. El resultado de la operación es:

$$6^2(2^3 \times 3^2)^2$$

- 67
- 68
- 612
- 614

Cuestionario de valoración de alumnos de la técnica *Jigsaw II* a través de Google[®] Forms[®]

- ¿Piensas que has aprendido mejor el tema de potencias con esta metodología que con la tradicional?
- ¿Crees que has mejorado en el empleo de las TIC?
- ¿Crees que se podría implementar esta metodología en todas las asignaturas?
- ¿Qué te gusta más?
 - Trabajar en un entorno virtual de forma individual
 - Trabajar de un entorno virtual de forma colaborativa

Herramientas del entorno virtual Google[®]

El motivo por el que se ha elegido el entorno virtual Google[®] para llevar a cabo esta experiencia colaborativa es su facilidad de uso ya que mediante una única cuenta de Gmail[®], que no conlleva coste alguno, se puede tener acceso a todos los servicios, y a que su independencia del sistema operativo, permite que pueda ser empleado desde cualquier dispositivo, sin requerir ninguna instalación.

Las herramientas del entorno virtual Google[®] empleadas en esta investigación han sido:

- Google[®] Drive[®]: servicio de almacenamiento que permite la sincronización automática de los materiales almacenados para poder trabajar con ellos independientemente de forma paralela o por separado. Google[®] Drive[®] incorpora herramientas que resultan muy útiles en la propia web como son formularios, calendario u hoja de cálculo entre muchas otras.
- Google[®] Groups[®]: que, como su nombre indica, permite crear grupos *online* para los que solicita una dirección de correo y que esta diseñada para poder establecer debates sobre diversos tópicos, aunque permite otras acciones como la organización de diferentes eventos.
- Blogger[®]: los *blogs*, que tuvieron un impacto muy grande en las últimas décadas, han sido usados para la creación de contenidos *online* en los que los usuarios contaban sus vivencias adjuntando incluso materiales multimedia. Una de sus funciones es la de clasificación mediante categorías, lo que permite que los usuarios estén al tanto de los temas en los que están interesados.

Implementación de la técnica Jigsaw II

Para el desarrollo de la técnica *Jigsaw II* en el aula se establecieron las siguientes fases:

1. Introducción de la actividad a toda la clase: el contenido a trabajar se presentó a los alumnos a través de un *blog* elaborado específicamente para ello donde se explicó la forma de trabajo y las herramientas que debían emplear. Para esta primera fase, se dedicaron dos sesiones para presentar a los alumnos tanto el entorno virtual como todas las herramientas que tenían disponibles.
2. Establecimiento de grupos base: se dividieron los alumnos en cuatro grupos y fueron invitados a un grupo de Google[®], en el que disponían de la información sobre los temas a trabajar y las pautas para poder encontrar y seleccionar información empleando todo tipo fuentes fiables. Los alumnos de cada grupo base debían seleccionar vídeos o animaciones sobre el contenido del tema de las potencias. Cada alumno tenía marcado su trabajo según la parte que iba a desarrollar.
3. Establecimiento de grupos de expertos: los expertos son los miembros de cada grupo que dominaban un tema concreto y han de compartir con el resto de compañeros, haciendo uso de foros, todo tipo de materiales y ayudar a sus compañeros en la comprensión. En este caso, se plantearon cuatro temas o actividades.
4. Regreso al grupo base: los expertos debían volver a su grupo base original para presentar al resto de compañeros lo aprendido y consensuado cuando se trabajó con los otros expertos de los otros grupos.

5. Trabajo del grupo: cada grupo debía realizar una presentación en Google[®] Drive[®] dejando constancia de lo que han sido capaces de aprender y entender. Además, debían plantear ejercicios relacionados con todas las actividades que fueron corregidos posteriormente por los expertos de cada grupo.
6. Presentación en la clase: cada grupo de alumnos debía presentar su trabajo en el aula, haciendo uso del material que considerarn oportuno.
7. Evaluación individual: post-test de conocimientos para todos los alumnos, lo cual nos permitirá valorar la adquisición de competencias en el área.

En la Figura 6.1 se muestra la estructura de todo el proceso de implementación de la técnica *Jigsaw II* empleando herramientas del entorno Google[®], para el supuesto de 4 grupos.

Tal y como se puede ver, en los foros se han establecido 4 grupos, 1, 2, 3 y 4. Éstos constituyen los grupos base responsables de organizar el trabajo, elaborar las actividades en Drive[®] y recoger los resultados en Blogger[®].

Seguidamente, los grupos de expertos A, B, C y D comentaron los resultados de las aportaciones hechas a priori en los grupos base y, a través del debate en los foros, llegaron a consensuar los resultados. Asimismo, elaboraron documentos colaborativos en Drive[®].

Finalmente, los expertos retornaron a los foros de los grupos base para mostrar las conclusiones obtenidas a sus compañeros de grupo y elaborar el informe o presentación final entre todos. La evaluación final se realizó a través de Google[®] Forms[®].

Análisis de datos

Se ha llevado a cabo una comparación de los resultados medios obtenidos en el pre-test y en el post-test, tanto en el grupo control como en el experimental. Además, se ha calculado la ganancia media normalizada para ambos grupos y se ha hecho un estudio de la normalidad de las distribuciones de los resultados, mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, así como una diferencia de medias del grupo experimental, en muestras relacionadas, para comprobar la significatividad de las diferencias de la calificaciones a partir del estadístico W de Wilcoxon, debido a que estamos bajo supuestos no paramétricos, y se ha complementado con una prueba T de Student para dotar al estudio de mayor potencia. Todo ello se ha realizado usando el paquete estadístico SPSS. Además, se incluyen los porcentajes de valoración de los alumnos acerca del uso de esta metodología.

Para la prueba de diferencia de medias, se ha establecido como hipótesis nula, H_0 , la no diferencia de medias entre los grupos relacionados para un nivel de significación de 0,05. En el caso de que

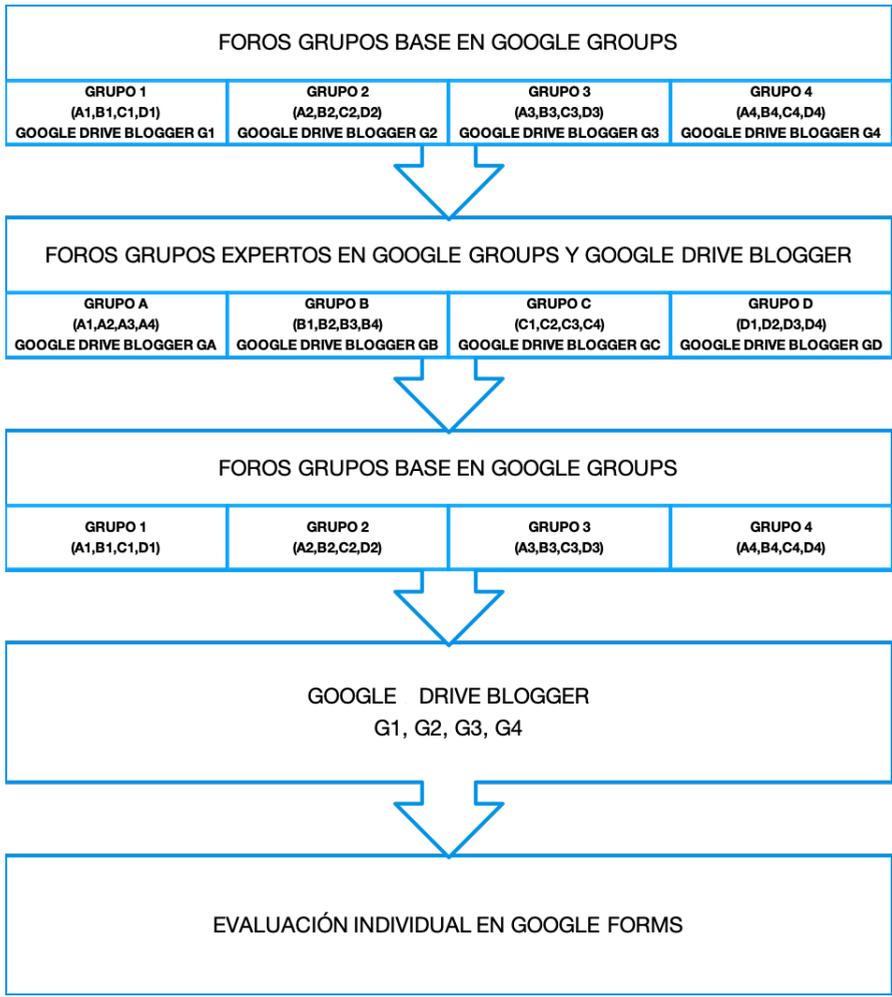


Figura 6.1: Esquema de la implementación de la técnica *Jigsaw II* para el supuesto de 4 grupos.

la prueba de hipótesis dé resultados de nivel de significación menor que 0,05, se puede rechazar tal hipótesis y concluir que las diferencias entre las medias son significativas.

6.4 Resultados y discusión

6.4.1 Comparación entre el grupo control y experimental

En la Figura 6.2 pueden observarse los resultados medios obtenidos, sobre 10 puntos, tanto en el pre-test como en el post-test de ambos grupos, control y experimental.

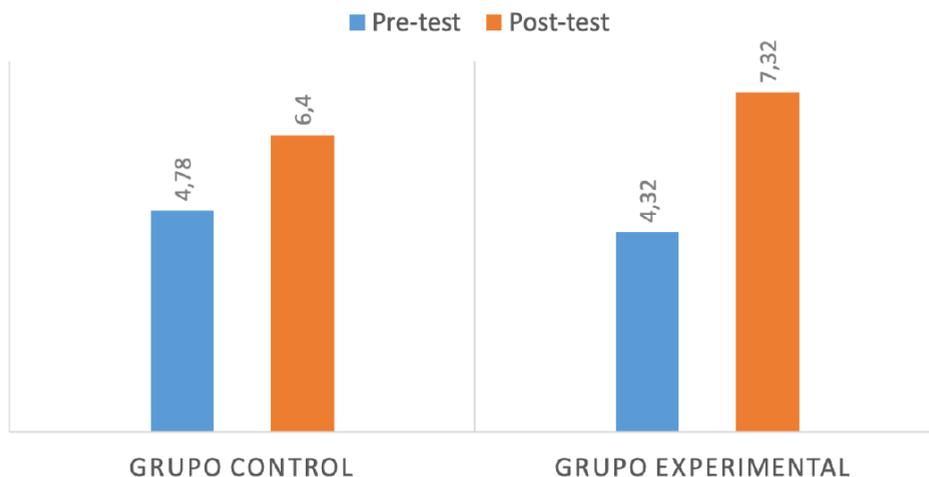


Figura 6.2: Diagrama de medias entre el grupo control y experimental en ambos test.

Como se puede observar, no hay mucha diferencia entre los resultados del pre-test en ambos grupos (0,46 puntos sobre 10), siendo superior en el grupo control, y es debido a que los grupos son homogéneos entre ellos. En relación al post-test, se puede ver que en el grupo experimental el valor medio es superior al del grupo control (0,92 puntos sobre 10, es decir, el doble), lo que demuestra la efectividad de la metodología aplicada en este caso.

Ahora bien, si observamos las diferencias entre los grupos control y experimental en las puntuaciones medias obtenidas en el pre-test y el post-test, observamos cómo en el grupo control la diferencia es 1,62 mientras que en el grupo experimental la diferencia está en torno a los 3 puntos de media, lo que supone casi al doble que en el grupo control. Sin embargo, para obtener un valor normalizado del grado de aprendizaje logrado por los alumnos, se ha calculado el valor de la Ganancia Media Normalizada (G) usado en [125] a partir de la siguiente fórmula, en la que se usan la media de los valores obtenidos el pre-test, la media de los obtenidos en el post-test y la máxima calificación:

$$G = \frac{\overline{Post - test} - \overline{Pre - test}}{\overline{Máxima calificación - Pre - test}} \quad (6.1)$$

Sustituyendo los valores, y tomando para ambos grupos la calificación máxima de 10 puntos, se obtienen los siguientes resultados de Ganancia Media Normalizada.

Tabla 6.1: Valores de Ganancia Media Normalizada para ambos grupos.

Grupo Control	Grupo Experimental
0,31	0,53

Los valores mostrados en la Tabla 6.1 indican que el grupo experimental ha logrado mayor adquisición de conocimientos, de hecho dicha ganancia está cercana al doble en el grupo experimental.

Antes de poder realizar la comparación de medias, se ha comprobado, mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk (al tener pocos casos se utilizan ambas), la normalidad de las distribuciones de las mediciones en el pre-test y post-test del grupo experimental. Los resultados obtenidos pueden ver en las dos primeras filas de la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Pruebas estadísticas usadas en este estudio.

Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors	Significatividad Pre-test 0,088	Significatividad Post-test 0,200
Prueba de Shapiro-Wilk	Significatividad Pre-test 0,129	Significatividad Post-test 0,362
W de Wilcoxon (experimental)	Estadístico -2,810	Significatividad 0,005
T de Student grupos relacionados (experimental)	Estadístico -7,171	Significatividad 0,000

Una vez analizada la naturaleza de las distribuciones, se ha realizado una comparativa de las medias de rendimiento mediante la prueba estadística W de Wilcoxon, debido a la naturaleza no paramétrica de los datos, obteniéndose un valor del estadístico de $Z = -2,810$, con una significatividad de 0,005, y, por lo tanto, se observa que la diferencia de medias entre el pre-test y el post-test en el grupo experimental es significativa, pudiéndose ver los resultados de esta prueba en la tercera fila de la Tabla 6.2. Por otro lado, la prueba W de Wilcoxon, destaca que existen cambios significativos entre el pre-test y el post-test en todos los casos de la muestra. Además, para darle más potencia al estudio y visto que las distribuciones pueden considerarse como normales, se ha incluido también la prueba de diferencia de medias T de Student para grupos relacionados arrojando una diferencia de medias de 3 puntos, un valor del estadístico de $t = -7,171$ y una significatividad de 0,000, por lo que se deduce que la diferencia de medias es

significativa, pudiéndose ver los resultados en la cuarta fila de la Tabla 6.2. Podemos concluir que la diferencia de medias es significativa y, por lo tanto, asegurar que dicha mejora no se debe al azar.

Por otro lado, se pudo comprobar que en todos los casos el rendimiento en el post-test ha sido mejor que en el pre-test, aspecto que no ha ocurrido en el grupo control. Además, de los datos obtenidos en el estudio, se desprende que mientras en el grupo control el post-test fue suspendido por el 37,5% de los estudiantes, en el grupo experimental todos aprobaron el post-test.

6.4.2 Resultados de la valoración del empleo de la técnica Jigsaw II en un entorno virtual

Como viene descrito en el artículo, prácticamente la totalidad de los alumnos consideran que han aprendido mejor el tema tratado y sus conceptos básicos de esta forma que si lo hubieran estudiado siguiendo la metodología tradicional y más del 80% opina que esta experiencia les ha ayudado a mejorar en el empleo de tecnologías. Además el 83,3% destaca que el hecho de trabajar de forma colaborativa con sus compañeros es el principal aspecto atrayente de esta experiencia y cerca del 90% consideran que se podría implementar con éxito esta metodología en las demás asignaturas que están cursando.

6.4.3 Evaluación global del alumnado del grupo experimental

La nota global del alumnado se ha calculado en base al grado de consecución de los diferentes indicadores curriculares de carácter teórico, práctico y actitudinal. Dentro de la parte práctica se tiene en cuenta aportaciones en los medios de comunicación *online* usados. En relación a los foros, se pudo observar como en el de los grupos de expertos que la participación fue menor de la esperada, hecho que puede ser debido a que es difícil que los alumnos se comuniquen por foro cuando están sentados trabajando unos al lado de otros. Además, los expertos ya han estado trabajando el tema entre ellos y, durante ese proceso, han estado en contacto entre ellos.

En relación a las publicaciones o entradas en el *blog*, hay que tener en cuenta que en cada entrada los alumnos podían adjuntar o explicar no sólo un único archivo o tema sobre el que trabajar, haciendo este proceso mucho menos costoso para ellos. Las observaciones indican que los alumnos han participado para corregir a sus compañeros en los fallos que han tenido y para dar sus impresiones sobre los materiales de forma activa.

6.5 Consideraciones finales

El motivo por el que se ha llevado a cabo esta experiencia y su análisis ha sido la necesidad de hallar una pedagogía efectiva, basada en una metodología colaborativa, empleando un entorno virtual gratuito y fácilmente accesible, que permita mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

Los objetivos planteados, tanto general como específicos, se han cumplido como ha quedado desmotrado. El proceso de aprendizaje de los alumnos ha sido evaluado y se ha llevado a cabo el análisis de datos obtenidos en la intervención educativa. Después de la experiencia, ha quedado patente que la técnica de trabajo colaborativa *Jigsaw II* se puede integrar de forma natural y sin necesidad de un esfuerzo muy grande, por parte de los docentes, con los entornos virtuales tipo Google[®], favoreciendo el desarrollo de actividades de enseñanza-aprendizaje.

Aunque las diferencias entre los resultados del grupo control y el experimental en el post-test no parezcan muy grandes, ha quedado patente que en el grupo experimental, todos los alumnos han mejorado los resultados, mientras que en el grupo control no y a pesar de que el profesorado se debe realizar un esfuerzo mayor, debemos tratar siempre de mejorar y esta metodología ha dado buenos resultados. Por tales motivos, se considera necesario una formación permanente del profesorado y establecer, muy claramente, qué tipos de contenidos curriculares son susceptibles de utilizar este tipo de metodologías, ya que quizá no pueda ser posible emplearlas para todos los contenidos curriculares.

Por otro lado, son muchas las ventajas que se pueden extraer del empleo de las técnicas de aprendizaje *online* en el aula, empezando por el tipo de aprendizaje alcanzado por los alumnos en el que ellos son los protagonistas del mismo.

Los resultados de los alumnos han mejorado sensiblemente al usar esta estrategia educativa y, para aquellos alumnos que presentan necesidades educativas especiales, ha sido muy positiva ya que han logrado comprender los conocimientos mientras trabajaban en equipo con sus compañeros de clase.

Además, el nivel de motivación en el grupo experimental se ha mantenido alto durante toda la experiencia, por lo que los alumnos han aprendido disfrutando y desarrollando valores tan importantes como el trabajo en equipo. Para aquellos alumnos en los que las metodologías tradicionales no funcionan, ya tengan necesidades educativas especiales o no, el uso de estas metodologías colaborativas alternativas supone una manera efectiva de potenciar la adquisición de conocimientos.

A nivel de perspectiva de futuro, se plantea la necesidad de desarrollar la técnica con otros contenidos curriculares dentro del área de matemáticas y otras materias vinculadas con las ciencias, además de extrapolarlo a otros cursos académicos e incluso niveles educativos, considerando la enseñanza universitaria, como prioritaria para lograr una muestra más representativa que permita comprobar de forma más verídica la efectividad del empleo de metodologías colaborativas en entornos virtuales.

Videojuegos educativos para el aprendizaje de geometría euclidiana

Basado en [15] I. Sarría, R. González, Á. A. Magreñán, S. P. Narváez, y L. Orcos "Games Math. Adaptive Video Game to Evaluate Basic Mathematic Concepts." In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud. Vol. 734. 2017, págs. 27-35. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4.

Existe una clara preocupación por parte de los docentes cuando evidencian que hay una falta de comprensión de los conceptos relacionados con la geometría básica, tanto a nivel preuniversitario como universitario. Por tal motivo, es necesario que los alumnos aprendan bien estos conceptos, en especial si quieren seguir sus estudios en carreras relacionadas con esta rama de conocimiento, como puede ser cualquier ingeniería.

En relación a la geometría, las principales deficiencias que se perciben en los estudiantes tienen que ver con el hecho de no comprender los conceptos o no saber cuándo y cómo aplicarlos, aspectos que, en ocasiones, pueden deberse a una falta de visualización espacial. En la mayoría de los casos, los alumnos acaban aprendiéndose las fórmulas de forma memorística, sin comprender su verdadero significado ni las relaciones que hay entre unas formas geométricas y otras.

Por tal motivo, resulta indispensable aplicar diversas metodologías de aula que permitan que los alumnos afiancen estos conceptos y comprendan su aplicación práctica. Además, también resulta necesario que los docentes puedan evaluar el nivel de comprensión de los conceptos por parte de los alumnos. Por ello, en este estudio, se propone emplear un videojuego, entendido como un juego electrónico que se visualiza por medio de una pantalla [126], para tal fin, ya que para los alumnos resulta altamente motivacional al formar parte de sus vidas cotidianas.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar los resultados académicos de una muestra de alumnos de la asignatura Matemáticas de primer curso de ingeniería civil, que usaron el juego Euclid[®] como herramienta educativa para el aprendizaje de los conceptos de geometría básica.

La experiencia y los resultados se recogen en [15]. Este estudio surge como la continuación de una experiencia preliminar desarrollada en [127] y es en este documento donde se basa la fundamentación teórica.

7.1 Gamificación en las aulas y videojuegos con fines educativos

La gamificación, como tal, está basada en la incorporación de diferentes estrategias de aprendizaje a través del uso de juegos, de tal forma que van servir para ayudar a los alumnos a que puedan comprender e interiorizar conceptos académicos y, además, a que se sientan altamente motivados, debido al carácter lúdico de los mismos. Tal y como comenta Kim en [128], la gamificación se puede usar para incrementar el nivel de compromiso e instrucción de los alumnos y, por lo tanto, para mejorar su rendimiento.

De esta manera, lo que se pretende es la introducción de distintos métodos en la enseñanza, que, además, mejoren a los establecidos anteriormente y que permitan, de alguna forma, potenciar este aprendizaje a través de diferentes materiales didácticos y del lenguaje audiovisual que, como "nativos digitales", entenderán y les resultará interesante.

Se considera que para potenciar la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) propuesta por Vygotsky en [129], relacionada con la motivación del estudiante, el juego puede resultar una herramienta muy valiosa [130], ya que hace que el alumno se sienta muy motivado y, por lo tanto, que se enfrente, de forma más amena, al entendimiento de conceptos que, de ser explicados de forma tradicional, pueden generar, en determinadas ocasiones, frustración y alteración. Ésto se conoce como Estado de Flujo, término que fue acuñado en estudios como [131], y que se genera cuando una persona consigue sentir un estado de deleite y una motivación considerablemente alta hacia las actividades que está realizando. Este fenómeno está estrechamente vinculado con diferentes conceptos relacionados con el ingenio y la generación de sensaciones positivas.

Dentro de la gamificación, se pueden categorizar dos tipos, por un lado está la gamificación mecánica, que se basa principalmente en la obtención de un premio, que será diferente dependiendo de una clasificación, es decir, se basa en establecer un orden y obtener recompensas diferentes dependiendo de la posición ocupada y, por otro lado, la gamificación dinámica, en la que, el usuario no conoce a priori los objetivos globales, sino que a medida que se va avanzando en el juego, el alumno obtiene objetivos nuevos.

Debido al constante avance tecnológico, el empleo de los videojuegos con fines educativos puede resultar una estrategia altamente innovadora para que los alumnos puedan alcanzar los resultados académicos esperados. Según Siew, Geoffrey y Lee en [132], en países como los Estados Unidos de América se están empezando a dedicar partidas económicas para el empleo de diferentes videojuegos con fines educativos en las aulas y que ayuden a vencer los diferentes problemas pedagógicos que deben afrontar los docentes. Para ello, se va a hacer uso de métodos educativos no convencionales para que los estudiantes encuentren más apetecible la adquisición de conocimientos.

Las principales características de un videojuego con fines educativos son:

- El aprendizaje es recreativo, hecho que lleva al estudiante a estar mucho más involucrado en el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que se está divirtiendo.
- Permite que los estudiantes aprendan a ritmos diferentes, sin necesidad de ir todos a la misma velocidad, y logrando que entre ellos haya una retroalimentación en la adquisición del conocimiento.
- Se evidencia una aceptación grupal entre aquellos que comparten la afición por un videojuego concreto como ocurre con *Fortnite*, lo cual conlleva que se mejoren las relaciones sociales e incluso se rompan barreras relacionales.

Tal y como comentan Koster y Wright en [133], el principal entretenimiento que suponen los videojuegos reside principalmente en que se pone a prueba a uno mismo, por medio de diferentes puzles que deben ser resueltos utilizando diferentes algoritmos. De esta manera, una vez que el jugador interioriza el algoritmo y lo toma como mecánico, el juego pierde interés. Pero lo importante de los videojuegos no es solamente el hecho de que sean elementos lúdicos, sino que son herramientas que pueden ayudar en la mejora de diferentes aspectos, como por ejemplo, las relaciones espaciales.

Según Pindado en [134], los videojuegos pueden favorecer el desarrollo de habilidades intelectuales personales entre las que podemos englobar la memoria, la concentración, la visualización espacial y la resolución de problemas, entre otras. Además, dependiendo del tipo de videojuegos, se pueden potenciar distintos aspectos, por ejemplo, si nos encontramos con un videojuego de tipo plataformas, como puede ser por ejemplo, *Super Mario* o *Sonic*, entre otros, se consiguen mejorar los reflejos motores, mientras que si los videojuegos son de tipo estrategia, como, por ejemplo *Age of Empires*, al requerir pensar no solo en un paso a dar sino en todos los siguientes, lo que se fomenta son la capacidad organizativa de la persona y el desarrollo de estrategias a largo plazo.

Sánchez y Aguilar en [135], propusieron el término Objeto de Aprendizaje Evaluativo (OAE), en base al uso de videojuegos, que tiene como misión la evaluación del desarrollo de habilidades

memorísticas. Además, se ha puesto de manifiesto que este tipo de estrategias con videojuegos no sólo son buenas para la memoria, sino para otro tipo aspectos como el orden o la visión periférica entre otros.

Como comenta Etxeberria en [136], los videojuegos tienen grandes posibilidades a nivel educativo, ya que, tomando como base la teoría del aprendizaje social, permiten que los alumnos puedan vencer las dificultades que se encuentran ya que estos videojuegos pueden ser usados para la asimilación de algoritmos o estrategias de resolución de problemas que van a beneficiar tanto el desarrollo del pensamiento deductivo como el de habilidades vinculadas con el desarrollo motor.

Para todo esto, lógicamente, se deben tener en cuenta diferentes aspectos como, el tipo de interacción que supone el juego, los requisitos que tiene el juego o el tipo de juego, entre otros, y, del mismo modo, los objetivos que se pretenden conseguir con el uso del juego. Es por tal motivo que, a la hora de seleccionar un videojuego para un fin educativo, es necesario poner en tela de juicio si será mejor emplear un juego complejo o un juego sencillo en el que la meta se alcance de forma directa, sin necesidad de dar muchos pasos.

Tal y como destaca Mejía en [137], los videojuegos pueden usarse para la mejora en la resolución de problemas, ya que permiten medir la capacidad que tienen los alumnos, cuando se enfrentan a diferentes situaciones, de buscar diferentes vías o alternativas para alcanzar la solución de la misma. Por esto motivo, se puede considerar que el uso de videojuegos presenta una ventaja en el sentido de que el alumno se introduce en el juego y hace suyos los problemas que pueda encontrarse y, por lo tanto, desde esa perspectiva, el alumno encuentra un aliciente para esforzarse.

Los videojuegos de tipo *Edutainment*, término anglosajón que surgió en torno a los años 50 como la conjunción entre Educación y Entretenimiento (*Education and Entertainment*), resultan educativos pero no tan divertidos como los tradicionales, y debido a ello, diferentes investigadores desaconsejan su uso ya que su efecto no es tan motivacional, como los anteriormente citados, videojuegos clásicos y, por ello, el efecto producido en el alumno es, en líneas generales, menor.

En la actualidad, se están intentando modificar las características de los videojuegos de tipo *Edutainment* para que resulten más entretenidos. Tal y como comenta Pindado en [134], el grupo F9 en el año 2000, planteó una serie de videojuegos de entretenimiento que podrían ser empleados a modo de propuesta didáctica, en la que se recogía diferente información relacionada con el juego como una breve descripción del mismo, el contenido y algunos objetivos educativos a alcanzar. Por supuesto, se deben analizar las características tanto de la clase en global, como de cada alumno en particular para asegurar que el videojuego escogido sea el más adecuado para el propósito buscado.

Por otro lado, están los *Serious Games* o juegos serios que utilizan estas tecnologías recreativas del juego, para introducirlas en las estrategias educativas ya que, por su diseño, tienen la capacidad de que se adaptan a cada estudiante y sus propias necesidades. De esta idea surge el término *Digital Game-Based Learning*, acuñado por Prensky en [138], que se basa en la introducción de videojuegos en estrategias de aprendizaje.

Al igual que cualquier metodología pedagógica, el diseño de propuestas basadas en videojuegos en el aula requiere fases vinculadas con la planificación de la propuesta, su implementación y temporalidad y, por último, pero no por ello menos importante, la evaluación, que deben ir

alineadas con los objetivos que se pretenden conseguir. Para una correcta implementación de los videojuegos en el aula, se precisa tener en cuenta, entre otros, todos estos aspectos y, además, considerar que debido a la posible aparición de dificultades, debemos tratar de ser flexibles y permitir ciertos cambios.

En la actualidad, se están desarrollando metodologías en base en las cuales los alumnos diseñan sus propios videojuegos como estrategia de aprendizaje. Este hecho permite que los alumnos adquieran conocimientos vinculados con el desarrollo y planificación de algoritmos, que se antoja tan necesaria en el futuro. Algunos ejemplo de videojuegos de construcción puede ser la saga *Super Mario Maker*.

7.2 El juego Euclid

“Euclid: The game[®]”, es un juego en línea en el que, basándose en la herramienta GeoGebra[®], se repasan los principios básicos de la geometría euclidiana. El uso de este juego ha demostrado ser de gran utilidad para los alumnos. Dicho juego se basa en la superación, de forma incremental, de diferentes niveles en los que se les exige el dominio de diferentes conceptos geométricos básicos, como puede ser calcular la mediatriz de un segmento, utilizando circunferencias y cortes entre ellas. El uso del juego hace que el proceso de aprendizaje de los conceptos geométricos resulte entretenido para el alumnado. En cada nivel, se ofrecen diferentes medios para poder solucionar el problema y que permiten que se refuercen los famosos postulados de Euclides.

Los conceptos trabajados con su uso son muchos pero podemos destacar algunos como:

- Posición relativa de rectas.
- Construcción de rectas, segmentos y circunferencias.
- Construcción de polígonos regulares inscritos en circunferencias.
- Encontrar el centro de una circunferencia.

Al comienzo del juego, se ofrece un tutorial en el que se presentan diferentes herramientas sencillas que van a servir de base, ya que esos primeros elementos van a permanecer a lo largo de todos los niveles. Además de este tutorial, el juego presenta diferentes niveles, un total de veinticinco, que comienzan con la construcción, a partir de un segmento, de un triángulo equilátero de lado dicho segmento y terminan con la construcción de un pentágono regular inscrito en una circunferencia, pasando por diferentes niveles en los que se piden diferentes procesos. El juego cuenta con la posibilidad de obtener pistas así como de obviar diferentes niveles, por si acaso los alumnos se atascan y no saben continuar, aunque en este estudio no se les permitió.

Por otro lado, en cada nivel, una vez superado, se otorga una puntuación que dependerá del número de operaciones que ha necesitado el alumno para llegar a la finalización. Esto permite que se pueda obtener una clasificación de los alumnos, primero según el nivel al que han llegado, y después dentro de cada nivel obtenido por el número de puntos, así como del número de movimientos necesarios y el tiempo empleado.

Por ejemplo, el primer nivel, en el que se parte de un segmento de una longitud fijada y se pide la construcción de un triángulo equilátero de lado dicho segmento, se deben construir dos circunferencias, de radio la longitud del segmento, uno de cada extremo del segmento, después se une cada extremo del segmento con uno de los puntos de intersección de las dos circunferencias, de forma que se obtiene en cuatro movimientos.

7.3 Descripción de la experiencia

En esta sección se describe el desarrollo y análisis de una experiencia llevada a cabo usando el juego Euclid[®] para el aprendizaje de geometría Euclidiana.

7.3.1 Objetivos

Tal y como se ha comentado anteriormente, el principal objetivo de este trabajo es evaluar los resultados académicos de la muestra de alumnos que usaron Euclid[®] como herramienta educativa para el aprendizaje de los conceptos de geometría básica.

Los objetivos específicos que se plantearon fueron:

- Comprobar los conocimientos previos de los alumnos en relación a los conceptos de geometría euclidiana a través de un pre-test.
- Desarrollar una metodología de trabajo empleando el juego Euclid[®] para adquirir contenidos relacionados con la geometría euclidiana.
- Recoger los resultados de los niveles finales a los que los alumnos han llegado en el juego para valorar el logro de adquisición de contenidos.
- Valorar si hay correlación significativa entre los resultados obtenidos en el post-test, realizado tras la implementación del juego, y el nivel del juego alcanzado.

7.3.2 Metodología

Muestra

La muestra utilizada en esta investigación consistió en 49 alumnos de la asignatura Matemáticas de primer curso de ingeniería civil, que usaron el juego Euclid[®].

Diseño de la investigación

El tipo de diseño de esta investigación es pre-experimental, ya que se basa en el estudio de los resultados obtenidos por los alumnos que han empleado la metodología sin hacer una comparativa con un grupo control.

Procedimiento

Para llevar a cabo esta propuesta en el aula se establecieron las siguientes fases:

- Fase 1: evaluación previa de los conceptos matemáticos de geometría euclidiana a trabajar.
- Fase 2: aplicación del videojuego Euclid: The Game[®] y registro del nivel alcanzado por los alumnos de la muestra.
- Fase 3: evaluación final de los conceptos trabajados tras la aplicación del videojuego.
- Fase 4: análisis de la correlación entre la calificación final (evaluación de 0 a 5) y nivel de logro en el juego (de 1 a 25).

Los conceptos evaluados en cada ítem o pregunta, tanto en pre-test como en el post-test, fueron los que se recogen en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Contenidos trabajados en cada pregunta del pre-test y post-test.

Pregunta	Contenido
1	Posición de elementos en circunferencias
2	Posición de rectas con respecto a una circunferencia
3	Tipos de ángulos
4	Tipos de rectas
5	Concepto de punto medio de un segmento
6	Tipos de triángulos
7	Concepto de centro de un círculo
8	Comparación de elementos de dos círculos

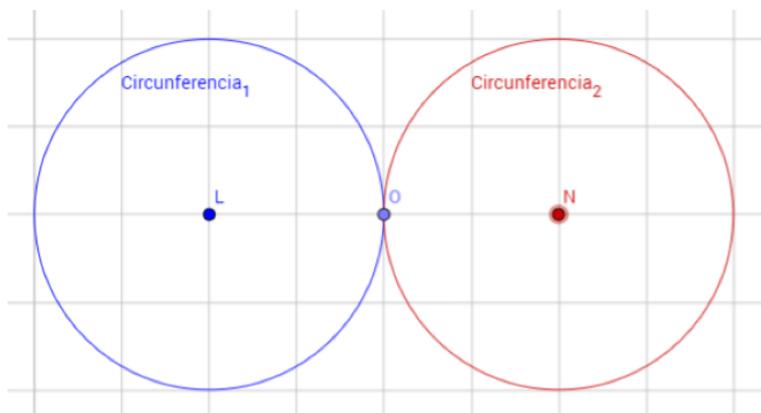
Instrumentos de recogida de información

- Un pre-test, para poder medir los conocimientos previos antes de llevar a cabo la experiencia propuesta.
- Un post-test para poder determinar los conocimientos adquiridos durante la experiencia realizada.

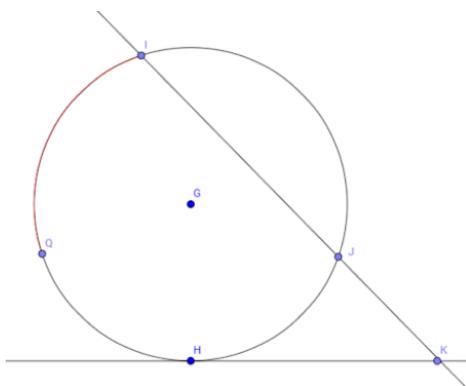
Pre-test

1. El punto que se encuentra a la misma distancia desde cualquiera de los extremos de un segmento se llama:
 - (a) Punto inicial
 - (b) Punto final
 - (c) Punto medio
 - (d) Punto equidistante
2. ¿Qué definición corresponde a cada tipo de triángulo, equilátero, rectángulo, escaleno, isósceles, obtusángulo?
 - (a) Triángulo con todos sus lados de igual medida
 - (b) Triángulo con todos sus lados de diferente medida
 - (c) Triángulo con solo dos lados de igual medida
 - (d) Triángulo con un ángulo de 90 grados
 - (e) Triángulo con un ángulo recto
3. El centro de una circunferencia viene caracterizado por:
 - (a) Ser el punto medio de su diámetro
 - (b) Su ubicación depende del valor de su área
 - (c) Se ubica fuera de la circunferencia

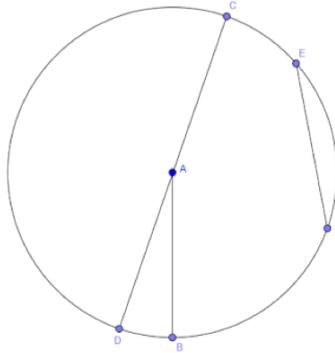
4. Teniendo en cuenta la imagen que aparece a continuación. Señala las afirmaciones correctas:



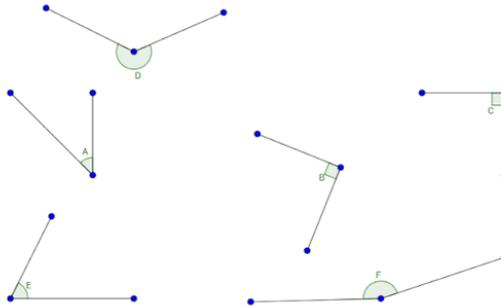
- (a) Las dos circunferencias tienen el mismo radio
(b) Las dos circunferencias tienen distinto diámetro
(c) El punto O es el punto medio de la recta LM
(d) El radio de la circunferencia azul es la mitad que el de la otra circunferencia
5. Identifica la recta secante, la recta tangente y el arco de esta figura:



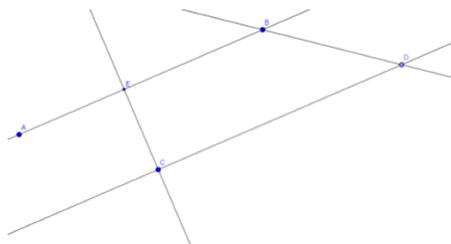
6. Identifica el centro, el radio, el diámetro y la cuerda de esta figura:



7. Clasifica los siguientes ángulos:

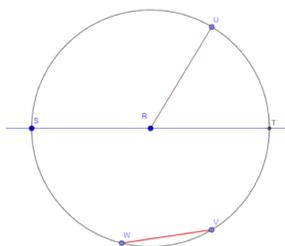


8. Identifica como rectas paralelas, perpendiculares o secantes todas las rectas que haya en la siguiente figura:

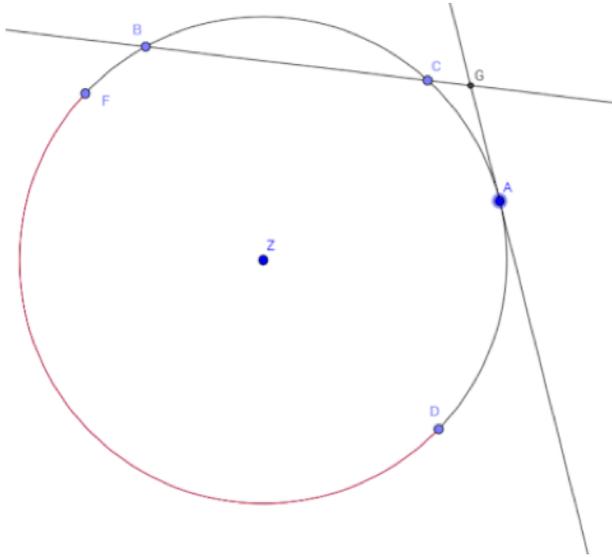


Post-test

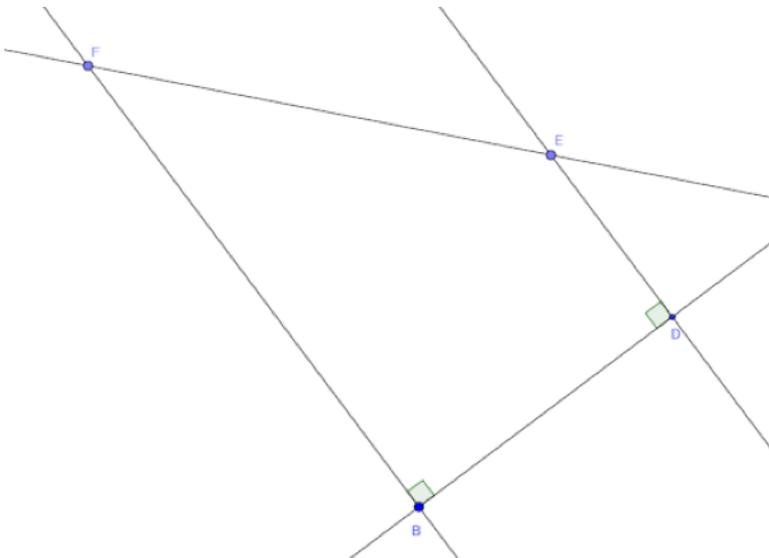
1. Indica el nivel del juego al que has llegado:
2. El punto que se encuentra a la misma distancia desde cualquiera de los extremos de un segmento se llama:
 - (a) Punto inicial
 - (b) Punto final
 - (c) Punto medio
 - (d) Punto equidistante
3. ¿Qué definición corresponde a cada tipo de triángulo, equilátero, rectángulo, escaleno, isósceles, obtusángulo?
 - (a) Triángulo con todos sus lados de igual medida
 - (b) Triángulo con todos sus lados de diferente medida
 - (c) Triángulo con solo dos lados de igual medida
 - (d) Triángulo con un ángulo de 90 grados
 - (e) Triángulo con un ángulo recto
4. El centro de un círculo se caracteriza por:
 - (a) Ser el punto medio de un diámetro
 - (b) Su ubicación depende del valor del área
 - (c) Ser la mitad del radio
5. Identifica el centro, el radio, el diámetro y la cuerda en la siguiente imagen:



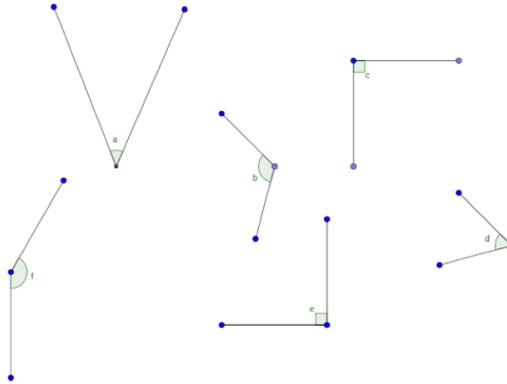
6. Identifica la recta secante, la recta tangente y el arco de la figura que se muestra a continuación:



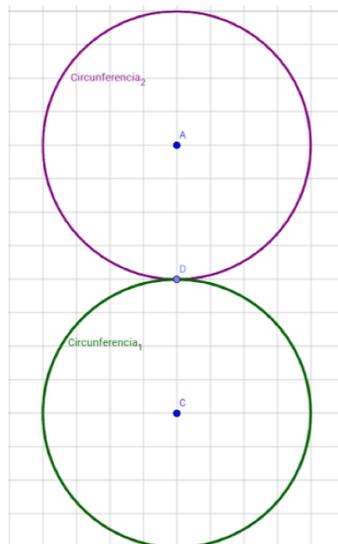
7. Identifica las rectas paralelas, perpendiculares y secantes que hay en la figura que se muestra a continuación:



8. Clasifica estos ángulos:



9. Señala las afirmaciones correctas:



- (a) Ambas circunferencias tienen el mismo radio
- (b) Ambas circunferencias tienen distinto diámetro
- (c) El punto D es el punto medio de la recta AC
- (d) El radio de la circunferencia 1 es la mitad que el de la circunferencia 2

Análisis de datos

Se han analizado los estadísticos descriptivos de los datos obtenidos tanto del pre-test como del post-test, así como de los niveles de logro alcanzados en el juego. Por otro lado, se han analizado las correlaciones, a través del coeficiente de correlación de Pearson, en muestras relacionadas, ya que nos encontramos bajo supuestos paramétricos, entre el nivel del logro y los resultados de la evaluación final. Se establece la hipótesis nula, H_0 , como “no hay correlación” y la hipótesis alternativa, H_1 , como “hay correlación”, de manera que si el valor obtenido es menor al 0,05, en el análisis de dos colas, se rechazará la hipótesis nula, aceptando la alternativa y concluyendo que hay correlación, para ello primero se lleva a cabo una prueba para determinar la normalidad de la muestra y así usar una prueba u otra.

7.4 Resultados y discusión

7.4.1 Resultados de los estadísticos descriptivos del pre-test

En la Tabla 7.2 se recogen los estadísticos descriptivos obtenidos en el análisis de datos del pre-test.

Tabla 7.2: Estadísticos descriptivos de las calificaciones de la muestra en el pre-test.

Descriptivo	Valor
Media	3,9
Mediana	3,9
Moda	4,4
Mínimo	2,2
Máximo	5
Suma	190,9
Percentil 25	3,5
Percentil 75	4,4

Tal y como se puede observar, el valor medio es de 3,9 puntos sobre 5 y el valor de calificación más repetido ha sido 4,4 sobre 5, con el 16,3% de los alumnos, seguido de 3,9 sobre 5, obtenido por el 14,3% de los alumnos. En la Figura 7.1 se recoge un gráfico con los porcentajes de suspenso, aprobado, bien, notable y sobresaliente. Se puede observar que, en este caso, el 61,2% de los alumnos obtuvieron una calificación de notable entre 3,5 y 4,5 sobre 5.

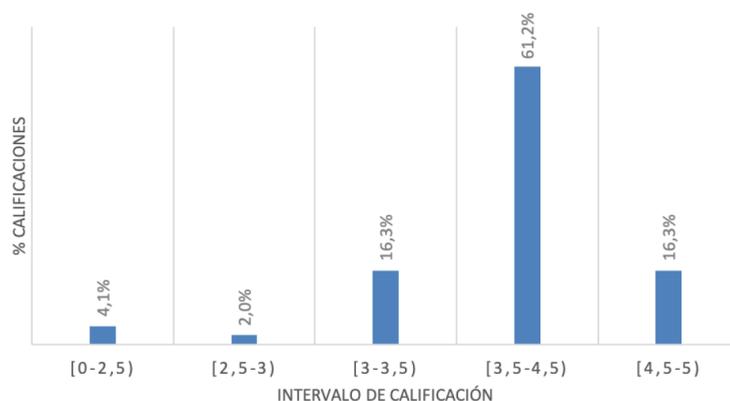


Figura 7.1: Porcentajes por rango de calificaciones (suspenseo ([0-2,5)), aprobado ([2,5-3,0)), bien ([3-3,5)), notable ([3,5-4,5)) y sobresaliente([4,5-5)) en el pre-test.

7.4.2 Resultados de los estadísticos descriptivos del post-test

En la Tabla 7.3 se recogen los estadísticos descriptivos obtenidos en el análisis de datos del post-test y en la Figura 7.2 se recoge un gráfico con los porcentajes de suspenseo, aprobado, bien, notable y sobresaliente obtenidos.

Tabla 7.3: Estadísticos descriptivos de las calificaciones de la muestra en el post-test.

Descriptivo	Valor
Media	4,2
Mediana	3,2
Moda	4,1
Mínimo	2,0
Máximo	5
Suma	205,4
Percentil 25	3,8
Percentil 75	4,6

Tal y como se puede observar, en la Tabla 7.3, el valor medio de calificación obtenido tras la aplicación del juego es de 4,2 sobre 5, superior a lo obtenido en el pre-test. Los resultados de la Figura 7.2 muestran que ha aumentado el número de alumnos que han obtenido notable, en comparación al pre-test, de 61,2% a 65,3% y, sobre todo, que ha aumentado el porcentaje de los que han obtenido sobresaliente de 16,3% a 30,6%. Estos resultados se consideran satisfactorios

ya que el juego, a nivel global, ha conseguido que los alumnos afiancen los conceptos relacionados con la geometría euclidiana.

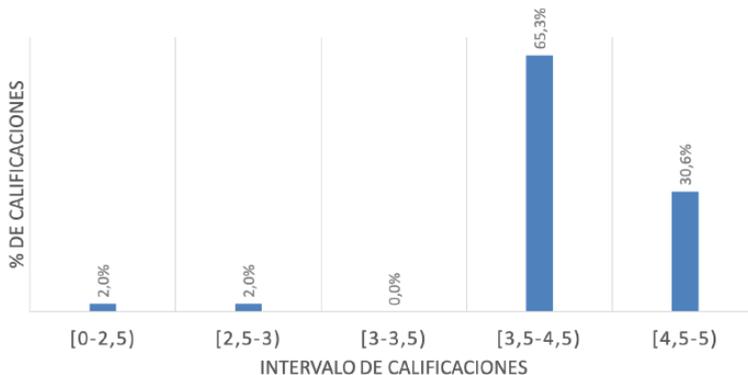


Figura 7.2: Porcentajes por rango de niveles (suspenseo ([0-2,5)), aprobado ([2,5-3)), bien ([3-3,5)), notable ([3,5-4,5)) y sobresaliente([4,5-5)) en el post-test.

7.4.3 Resultados de los estadísticos descriptivos del nivel de logro en el juego

Los resultados de los estadísticos descriptivos de los niveles a los que han llegado los alumnos en el juego se recogen en la Tabla 7.4. En la Figura 7.3 se incluye un diagrama de frecuencias de los niveles a los que se ha llegado que, tal y como se ha comentado anteriormente, eran del 1 al 25. Tal y como se puede observar, el valor medio del nivel al que han llegado ha sido 12,2 de 25, siendo el nivel 15, al que ha llegado mayor porcentaje de alumnos.

Tabla 7.4: Estadísticos descriptivos de los niveles alcanzados en el juego.

Descriptivo	Valores
Media	12,2
Mediana	13,0
Moda	15,0
Mínimo	3,0
Máximo	25,0
Suma	598,0
Percentil 25	8,0
Percentil 75	15,5

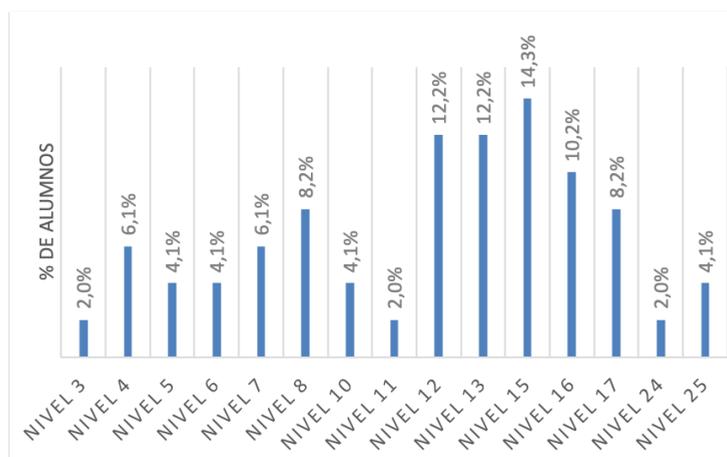


Figura 7.3: Porcentajes de logro de cada nivel.

7.4.4 Correlaciones entre el nivel de logro y los resultados de la evaluación final

Antes de realizar el cálculo de correlaciones entre el nivel de logro y los resultados de la evaluación final, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de la distribución del nivel de logro, prueba que arrojó una significatividad mayor que 0,05 y, por lo tanto, nos permite no rechazar la normalidad de los mismos y, usar el coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados de las correlaciones entre el nivel del logro del juego y los resultados de la evaluación final arrojan un resultado con valor de significación menor de 0,01, por lo que se puede decir que se rechaza la hipótesis nula planteada, y que hay una correlación significativa de 0,715 entre los resultados obtenidos en el post-test y el nivel de logro alcanzado en el juego, a un nivel de significación del 0,05, como puede verse en la Tabla 7.5. Esto nos lleva a pensar que, a medida que se participa más en el desarrollo del juego, la calificación que se obtiene es superior.

Tabla 7.5: Correlaciones entre el nivel de logro y los resultados de la evaluación final.

Correlaciones		Evaluación Final	Nivel de Juego
Evaluación Final	Correlación de Pearson	-	0,715**
	Sig. (2-colas)	-	0,000
	N	49	49
Nivel de Juego	Correlación de Pearson	0,715**	-
	Sig. (2-colas)	0,000	-
	N	49	49

7.5 Consideraciones finales

Resumiendo brevemente, se puede decir que los objetivos planteados en este estudio se han alcanzado. Se ha podido verificar la existencia del Estado de Flujo, propuesto por Nakamura y Csikszentmihalyi en [131], ya que los alumnos se han sentido tan motivados que han sido capaces de disfrutar, a la vez que iban afianzando los conceptos trabajados. Se puede decir que la metodología desarrollada, en base al uso del juego Euclid[®] para adquirir contenidos relacionados con la geometría euclidiana, ha sido desarrollada adecuadamente y, a partir de ella, se ha logrado una mejora en las calificaciones de los alumnos de la muestra tomada, quienes han obtenido mejores resultados en la prueba final que en la inicial, por lo que se puede concluir que la aplicación del juego ha servido para que afiancen los conceptos de geometría básica trabajados.

Además, ha quedado clara la correlación, de 0,715, entre el nivel de logro adquirido por los alumnos en el juego y los resultados de la evaluación final, de manera que aquellos alumnos que han participado más en el desarrollo del juego han obtenido una calificación mayor en ésta.

Se puede concluir, por tanto, que el empleo del juego Euclid[®] en el aula de la muestra de estudio ha ayudado al estudiante a afianzar los conceptos relacionados con la geometría euclidiana, trabajándolos de forma lúdica y conociendo la aplicación práctica de cada uno de ellos. Además, tal y como comenta Etxeberria en [136], se ha evidenciado la importancia del uso de videojuegos para potenciar el razonamiento de tipo deductivo.

A nivel de prospectiva de futuro, se pretende estudiar más en profundidad la efectividad del juego utilizando una muestra mayor y comparando, análogamente al estudio ya realizado, los resultados del test inicial con el nivel del logro alcanzado en el juego y, además, diseñar un juego similar basado en GeoGebra[®] para poder aplicarlo a diferentes contenidos de matemáticas o incluso de otras materias.

Experiencias con el holograma como medio de enseñanza en ciencias y matemáticas

Basado en

1. [16] L. Orcos, N. Arís, C.E. Fernández y Á. A. Magreñán. *Holographic Tools for Science Learning*. In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). . *International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 734. 2017, págs. 36-45. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4.
2. [17] L. Orcos y Á. A. Magreñán. "The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents." *Int. J. Learning Technology* 13. (2) (2018), págs. 163-177.
3. [18] L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "Uso del holograma como herramienta para trabajar contenidos de geometría en Educación Secundaria." *Pensamiento Matemático* 3. (2) (2018), págs. 91-100.
4. [19] L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "3D visualization through the Hologram for the Learning of Area and Volume Concepts." *Mathematics* 7. (3) (2019), 247, DOI: 10.3390/math7030247.

La importancia que las ciencias y las matemáticas tienen en la sociedad requiere que los métodos de enseñanza empleados en las aulas fomenten el aprendizaje significativo en base al logro competencial. Este es el motivo por el que estas materias han de ser enseñadas de manera que los alumnos puedan ser capaces de entenderlas, para lo cual es preciso instarles a tener interés en la comprensión de los fenómenos.

A pesar de que los conceptos científicos y matemáticos están presentes en el mundo que nos rodea, en muchas ocasiones los docentes nos encontramos con dificultades para explicarlos, bien porque son conceptos abstractos o bien debido a las exigencias curriculares que, dada la escasez de tiempo para impartir la materia, conllevan que, en muchas ocasiones, no se puedan plantear metodologías alternativas a las tradicionales.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la sociedad del conocimiento en el ámbito educativo exige una re-alfabetización digital integral de los docentes. Potenciar las competencias digitales es fundamental para facilitar el acceso a la información y el conocimiento. Los alumnos están acostumbrados a tratar con aparatos tecnológicos, son “nativos digitales”, y las herramientas simples ya no son de interés para ellos.

En base a esto, resulta crucial la metodología pedagógica STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) en las aulas, ya que pretende abordar el aprendizaje interdisciplinar en base a la resolución de proyectos. Este tipo de metodología aporta importantes beneficios cuando se lleva a cabo de forma adecuada, puesto que permite transferir los conocimientos y habilidades del alumno al mundo real en el que vive, confiriendo un aprendizaje significativo en el que la motivación juega un papel muy importante. Tal y como comenta Ocaña en [139], los beneficios de la educación STEM son la transferencia del conocimiento y las habilidades a problemas de la vida cotidiana, el aumento de la motivación hacia el aprendizaje, la adquisición de contenidos a largo plazo y, por lo tanto, la mejora en el proceso de aprendizaje.

En el presente capítulo se plantea el uso del holograma como herramienta tecnológica para el aprendizaje de conceptos científicos y matemáticos. Para ello, primeramente se explica la fundamentación física de la holografía, a continuación se recogen las bases que establecen al holograma como un medio de enseñanza y finalmente se incluyen dos aportaciones independientes, llevadas a cabo con el uso de hologramas para estudiar conceptos relacionados con la división celular y las áreas y volúmenes de cuerpos geométricos.

La fundamentación teórica general de ambas aportaciones y los resultados de las investigaciones llevadas a cabo sobre división celular se recogen en: [16, 17]. Por otro lado, los resultados de la investigación relacionada con los conceptos de áreas y volúmenes se recogen en: [18, 19].

8.1 Fenómeno de la holografía

El ser humano siempre ha mostrado su preocupación para representar el medio en el que vive. Uno de los fenómenos más conocidos para tal fin es la fotografía, que surgió en el siglo XIX con la intención de plasmar el espacio tridimensional en dos dimensiones. Pero lo cierto es que desde las representaciones más primitivas, se ve una clara evolución que incorpora diferentes técnicas para producir la sensación de relieve y profundidad. Una de las técnicas para reproducir las tres dimensiones que proporcionan una sensación de realidad similar a la que percibimos con nuestros ojos cuando miramos a la realidad es el holograma (“holo” es todo y “grama” mensaje).

La diferencia principal entre la fotografía y la holografía reside en que a través de la holografía se puede reconstruir no solo la amplitud de la onda original sino también su fase, lo que da lugar a una onda resultante igual que la original. Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) en [126], un holograma es una placa fotográfica obtenida mediante holografía. Asimismo, la RAE en [126] define holografía como técnica fotográfica que, mediante iluminación, permite obtener imágenes tridimensionales en color.

Se puede considerar que el holograma surgió a partir de los trabajos de Denis Gabor (1900-1979), Emmelet Leith (1927-2005) y Yuri Denisyuk (1927-2006). Denis Gabor fue el inventor de la técnica holográfica en 1947 y por ello obtuvo el premio Nobel de física en 1971. A esta técnica la llamó “reconstrucción del frente de ondas” y el proceso consistía en dos etapas, el registro y la reconstrucción. El registro se basaba en la incidencia de un haz de electrones sobre un objeto, de forma que la interferencia de ondas producía una imagen que se registraba en una placa fotográfica. La etapa de reconstrucción era crucial para la obtención de una buena imagen y se basaba en el fenómeno de la difracción, de manera que se hacía incidir un haz de luz visible que era difractado por la imagen de la placa fotográfica. En las Figuras 8.1, 8.2 y 8.3 se puede ver el proceso, que consta de 3 fases, de formación del holograma de Denis Gabor.

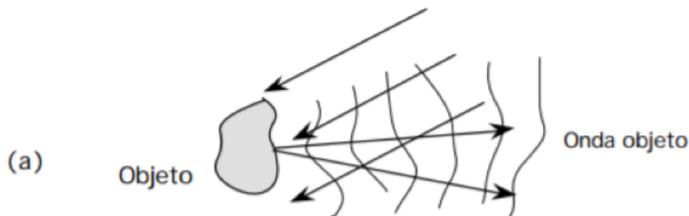


Figura 8.1: Proceso de formación del holograma: onda del objeto. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf

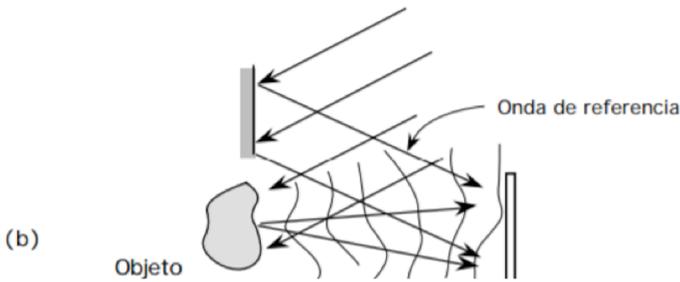


Figura 8.2: Proceso de formación del holograma: registro. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf

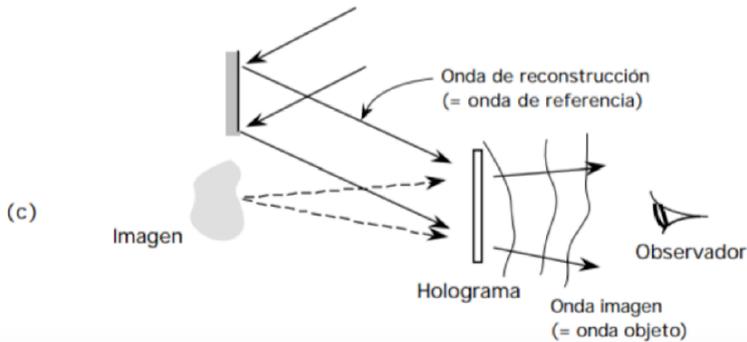


Figura 8.3: Proceso de formación del holograma: reconstrucción. Fuente: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11865/1/Holografía_Generalidades.pdf

Emmet Leith perfeccionó la técnica de Gabor desplazando el haz de referencia fuera de la dirección del haz objeto, incidiendo ambos en la misma cara de la placa. Esto permitió una mayor resolución, evitando que se formaran imágenes dobles, ya que la imagen real y la virtual quedaban separadas en un ángulo en la reconstrucción. Yuri Denisjuk trabajó con luz blanca para conseguir hologramas de reflexión. La onda del objeto y la onda de referencia obtenida incidían en las caras opuestas de una placa fotográfica.

De forma general, se podrían establecer dos categorías, hologramas estáticos y animados (proyección holográfica). Los primeros consisten en una placa en la que se plasma la figura virtual

en tres dimensiones que imita al objeto real. Debido a que es inanimada, únicamente se puede ver desde un ángulo concreto.

En cuanto a las proyecciones holográficas, cabe mencionar la técnica “Fantasma Pepper” inventada por John Henry Pepper en 1862. Esta técnica se usaba en las representaciones teatrales para dar la sensación de que en el escenario había una imagen fantasmal. El actor se situaba en un habitáculo debajo del escenario y, al incidir la luz sobre él, se proyectaba una imagen flotante, sobre una superficie reflectante situada sobre el escenario. Era necesario que el habitáculo donde se hallaba el actor fuera oscuro para resaltar los colores en la superficie reflectante. En la Figura 8.4 se puede ver el resultado del uso de esta técnica holográfica.

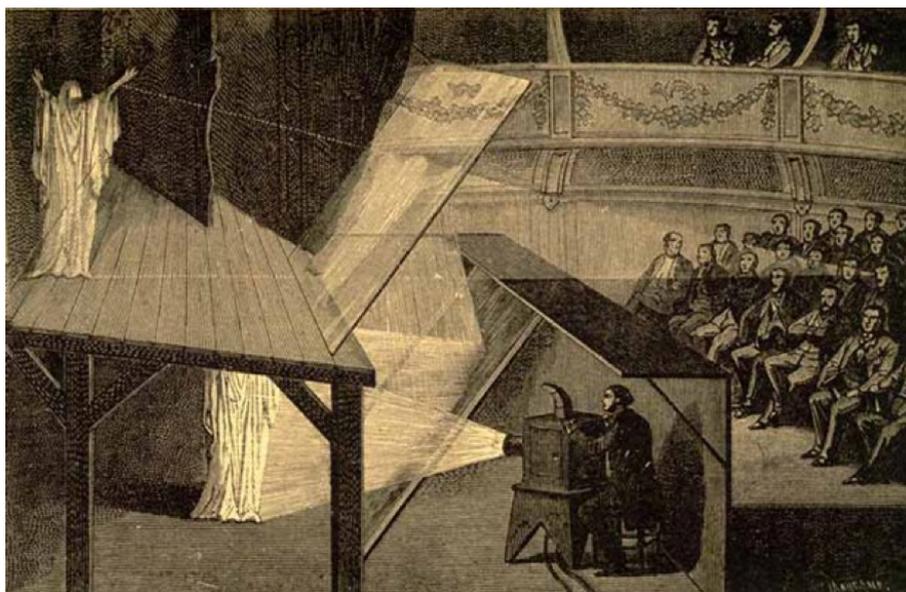


Figura 8.4: Representación teatral de mediados del siglo XIX en la que se usa la técnica “Fantasma Pepper”. Fuente: <https://alpoma.net/tecob/?p=1127>

En las experiencias recogidas en estas investigaciones con hologramas, se han empleado prismas holográficos basados en la técnica “Fantasma Pepper”, ya que permiten mayor interacción, con la particularidad de que emplean una superficie reflectora que se coloca encima de una pantalla, por lo que se puede ver la imagen en la superficie. Es importante que el vídeo o foto que se use tenga el fondo negro para que la imagen proyectada parezca que está “flotando”.

Hay distintos tipos de prismas holográficos, tal y como se muestra en la Figura 8.5. Podemos citar el prisma de ángulo simple, que solo permite ver en una dirección, el piramidal, que permite ver en múltiples direcciones, y el multiplano que, al igual que el simple, solo permite ver en una dirección, pero consta de varias capas para dar más efecto de profundidad.

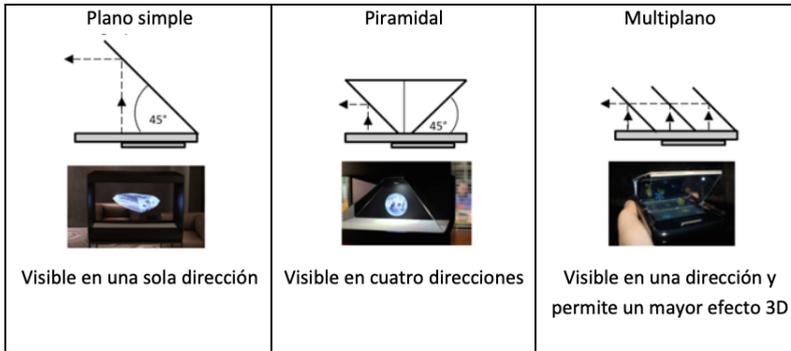


Figura 8.5: Tipos de prismas holográficos. Fuente: <http://makermondaybrum.tumblr.com/post/127496828801/hacking-peppers-ghost>

Los prismas se pueden hacer tanto de vidrio como de materiales acrílicos y las dimensiones de los mismos han de ser acordes al tamaño de la pantalla del dispositivo que se vaya a emplear: una tableta, un ordenador, una televisión, etc. Asimismo, es preciso tener en cuenta que en el caso de usar un prisma de tipo piramidal, que es el que se emplea en estos estudios, hay que editar el vídeo o la foto en cuatro secciones, tal y como se muestra en la Figura 8.6, para lo cual se puede usar un programa como Camtasia®. De esta forma, la suma de las cuatro perspectivas, da como resultado una imagen en 360 grados que parece que está flotando dentro del prisma.

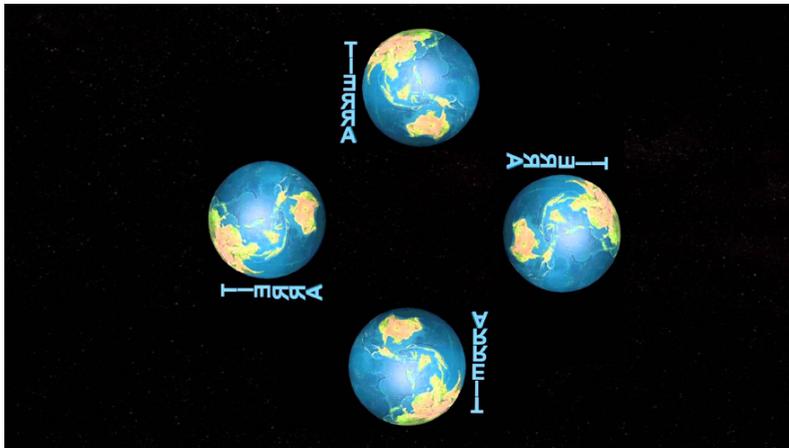


Figura 8.6: Ejemplo del resultado de la edición de un vídeo para la proyección con un prisma piramidal. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=bfZND02R2Ac>

Cabe destacar que, en la actualidad, teniendo en cuenta los avances que hay en el software de modelado 3D, las imágenes holográficas pueden verse con alto nivel de realismo, además de haber programas que forman figuras en 3D a partir de fotografías.

8.2 El holograma como medio de enseñanza

Para considerar el holograma como un medio de enseñanza, es preciso definir previamente lo que se entiende por medio de enseñanza. Cubero en [140] lo define como componente material del proceso docente educativo con el que los estudiantes realizan en el plano externo las acciones específicas dirigidas a la apropiación de los conocimientos y habilidades.

Según Porto en [141] se puede definir medio de enseñanza como todo aquel componente material o materializado del proceso pedagógico que en función del método sirve para:

- a) Construir las representaciones de las relaciones esenciales forma-contenido, es decir, el significado y sentido de los conocimientos y habilidades a adquirir que expresa el objetivo.
- b) Motivar y activar las relaciones sujeto-objeto, sujeto-objeto-sujeto o sujeto-sujeto, así como la internalización y externalización de contenidos y acciones individuales o conjuntas presentes en tal proceso pedagógico.

Serra, Vega, Ferrat, Lunazzi y Magalhães en [142], establecen una fundamentación pedagógica del holograma ya que está sustentado por los principios de la pedagogía general que, teniendo en cuenta la clasificación de Addine, González y Recarey en [143] son:

1. Principio de la unidad del carácter científico e ideológico del proceso pedagógico.
2. Principio de la vinculación de la educación con la vida, con el medio social y el trabajo, en el proceso de educación de la personalidad.
3. Principio de la unidad de lo instructivo, lo educativo y desarrollador, en el proceso de educación de la personalidad.
4. Principio de la unidad de lo afectivo y lo cognitivo, en el proceso de educación de la personalidad.
5. Principio del carácter colectivo e individual de la educación y el respeto a la personalidad del educando.
6. Principio de la unidad entre la actividad, la comunicación y la personalidad.

Estos principios resultan cruciales en el empleo de las nuevas tecnologías en las aulas, ya que es preciso tener siempre presente que su uso *per se* no es el objetivo, si no que a través de ellas se pueda llegar a alcanzar el aprendizaje.

Estudios como los llevados a cabo por Kerawalla, Luckin, Seljeflot y Woolard en [144] demuestran que el uso de herramientas tecnológicas puede favorecer a que disminuya el diálogo entre los

alumnos si no se hace un buen uso de las mismas, es decir, si se limitan a que el alumno tan solo las use como medio de visualización. Por este motivo, es crucial la formación del profesorado en el uso de las nuevas tecnologías, para fomentar que, mediante ellas, se logre un aprendizaje significativo, trabajando de forma colaborativa, para la formación integral del alumno.

Por otro lado, a la hora de usar el holograma en el aula, es necesario que los contenidos se seleccionen de forma adecuada y que se favorezca, en todo momento, el trabajo colaborativo.

El holograma resulta, asimismo, un elemento motivador, ya que la imagen que se obtiene parece estar presente, lo cual conlleva a que aumente la predisposición del alumno hacia al aprendizaje y se potencie la construcción del conocimiento al volverse más aplicable.

Hay tres factores que permiten argumentar este hecho:

- La posibilidad de esa observación facilita la representación mental y la formación de conceptos, leyes, etc.
- Permite obtener las representaciones en base a las relaciones entre la forma y el contenido.
- Potencia las relaciones del alumno, en tanto que se originan relaciones conceptuales de carácter individual y también las de conjunto en el grupo clase.

Lee en [145] comenta cómo la adecuada implementación de los hologramas en las aulas hace que los alumnos se vean sumergidos en un ambiente llamativo que hace que estén centrados y que construyan su propio aprendizaje, a partir de sus propias experiencias previas.

Asimismo, su potencial motivacional se proyecta en la posibilidad de generar contextos de aprendizaje entre iguales que insten a la creación de un ambiente de trabajo compartido [54].

La idea de crear un holograma interactivo, para la enseñanza de las ciencias, las matemáticas u otros temas, se inspiró en trabajos investigativos donde se usan principios similares de interacción holográfica para temas como la biología. Balogh *et al.* en [146] hicieron un proyecto en el que emplearon diferentes módulos ópticos que enviaban luz a una pantalla holográfica para mostrar un holograma sin la necesidad de uso adicional de lentes. Agócs *et al.* en [147], colaboradores de los anteriores, utilizaron diversos módulos ópticos además de espejos para conseguir cierta interactividad.

A partir de lo que hicieron Balogh *et al.* en [146] en el Instituto de Tecnologías de la Universidad del Sur de California, Jones, MacDowall, Yamada, Bolas y Debevec en [148] realizaron un dispositivo compuesto de un visualizador de luz de campo, de tipo binocular, que permite poder ver una imagen conformada en 360 grados. Esto es posible gracias a un proyector de alta velocidad, que transmite imágenes a un espejo con difusor holográfico y circuitería electrónica para decodificar señales digitales de vídeo. El resultado es una proyección del objeto que se puede observar sin la necesidad de usar lentes especiales, y, además, evita la restricción de verse solo desde un punto de referencia.

Ghuloum en [149] llevó a cabo un estudio con 400 profesores sobre la efectividad del uso de los hologramas en educación. Los resultados mostraron que los profesores consideran esta técnica potencialmente efectiva para lograr el aprendizaje significativo.

Cabe notar que los trabajos de investigación derivados de las recopilaciones de Serra *et al.* en [142], en donde se menciona el uso de hologramas con fines educativos, se basan en hologramas análogos o de transmisión que están en placas estáticas, no están en movimiento. Tratan aplicaciones holográficas interactivas a través de proyección posterior o prismas móviles cuyo objetivo es crear contenidos interactivos para las personas con aplicaciones tanto comerciales como institucionales.

8.3 Descripción de las experiencias

En torno a los 12 años, cuando los alumnos pasan de la etapa de Educación Primaria a la de Educación Secundaria, es cuando empiezan a hacerse patentes el fracaso escolar, la falta de motivación y el desinterés por las asignaturas en general. En ocasiones, tal como muestra el último informe PISA publicado en [4], tales aspectos son más significativos en las mujeres, en especial en el caso de las ciencias y las matemáticas, dado que sus propios procesos evolutivos marcan que maduren biológicamente antes que los hombres. Durante la niñez, la inquietud por la ciencia se hace más visible, siendo la etapa clave en la que se observa si un niño tiene o no buena actitud hacia ella.

A continuación se presentan dos experiencias independientes llevadas a cabo con el uso del holograma en el aprendizaje de conceptos relacionados con división celular y con geometría de cuerpos volumétricos en Educación Secundaria.

8.3.1 *Uso del holograma en el aprendizaje de conceptos de división celular*

8.3.1.1 *Justificación de la investigación*

Se han realizado muchas investigaciones acerca de las dificultades de aprendizaje de las ciencias por parte de los alumnos [150, 151, 152], ya que éstas afectan negativamente a la adquisición del aprendizaje significativo. En el caso de la biología celular, los conceptos de fotosíntesis, respiración, genética y división celular son los que más dificultades entrañan. Algunos ejemplos relacionados directamente con la división celular quedan recogidos en los estudios de Banet y Ayuso en [153], quienes llegaron a la conclusión de que los alumnos consideran que la información hereditaria tan solo se encuentra en los cromosomas sexuales, o en el de Banet en [154], en relación a que los alumnos consideran que los cromosomas sexuales tan solo se hallan en los gametos, o sobre la dificultad de entender la meiosis y relacionarla con el proceso de formación de gametos [155].

El estudio de Íñiguez y Puigcerver en [156], basado en una metodología para favorecer el cambio conceptual del alumnado, concluye que es necesario el uso de modelos tridimensionales y de

referentes lo más cercanos posible al alumno para potenciar su aprendizaje significativo. En el caso de los procesos de división celular (mitosis y meiosis), aluden a que su estudio ha de estar relacionado, centrándose más en el significado biológico global que en discernir qué sucede en cada fase. En el caso de la mitosis, los autores recomiendan partir de un cigoto y explicar el proceso de crecimiento celular mediante reparto de material genético entre las células hijas para llegar a comprender que todas las células obtenidas por este proceso deben ser iguales. En el caso de la meiosis, ésta debe centrarse desde el punto de vista de la variabilidad entre individuos para llegar a comprender que los gametos han de ser células haploides.

8.3.1.2 Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es mejorar el proceso de aprendizaje de los conceptos relacionados con los procesos de división celular de una muestra de estudiantes de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria que han trabajado con el holograma y valorar el grado de satisfacción de los mismos tras el uso de la herramienta.

Para lograr este objetivo se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Identificar, mediante un pre-test, qué nociones mínimas tienen los alumnos sobre la división celular en organismos eucariotas.
- Motivar a los estudiantes a crear prismas holográficos para entender el concepto de holograma y observar cuáles son sus características.
- Valorar si el grado de comprensión de los conocimientos ha mejorado tras el uso de la herramienta mediante la aplicación de un post-test, tanto al grupo experimental como al grupo control.
- Recoger aquellas dificultades que siguen quedando vigentes tras la aplicación de la herramienta holográfica.
- Valorar, a través de un cuestionario, la experiencia de usuario de la herramienta holográfica.

8.3.1.3 Metodología

Muestra

Para el desarrollo de este estudio se tomó una muestra de 40 estudiantes de dos clases, 20 alumnos de cada clase, de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura Biología y Geología que se imparte en lengua inglesa. Con 20 de los alumnos se trabajó de forma tradicional, constituyendo éstos el grupo control, y con los otros 20 se trabajó con el empleo de la herramienta holográfica, siendo ambos grupos homogéneos entre sí. Cabe destacar que estos alumnos no tenían conocimientos profundos sobre mitosis ni meiosis.

Diseño de la investigación

El estudio llevado a cabo es de tipo exploratorio, dada su naturaleza de estudio piloto del que hay pocos trabajos llevados a cabo. La metodología que se emplea en este estudio es cuantitativa ya que se basa en el análisis de datos cuantificables que son las calificaciones obtenidas en los tests tras el desarrollo del experimento. Por tal motivo, se trata de un diseño cuasi-experimental en el que se valora si hay diferencias significativas entre dos grupos independientes.

Instrumentos de recogida de información

Para obtener la información requerida para este proyecto, se han empleado varios tipos de cuestionarios en los que las preguntas eran de distinta índole, de verdadero-falso, de respuesta múltiple y de respuesta corta.

Primeramente, se ha trabajado con un pre-test con 10 preguntas muy sencillas relacionadas con conceptos muy generales de la división celular. Los resultados del pre-test han servido para formar los grupos control y experimental de forma que fueran homogéneos. Tras el desarrollo del experimento, se ha pasado el mismo post-test, tanto al grupo control como al experimental, para valorar si hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos en los mismos, tras el uso o no de la herramienta. El post-test constaba de 30 preguntas sobre la fundamentación teórica de la mitosis y la meiosis y la comparación entre ambas.

Por último, se ha contestado a un cuestionario relacionado con el empleo de la herramienta para valorar el grado de satisfacción. El test sobre el uso de la herramienta constaba de 10 preguntas en base a las cuales se pretendía saber la opinión de los alumnos, en términos de comprensión de contenidos, motivación y propuestas de mejora.

Los cuestionarios se recogen a continuación:

Pre-test

1. ¿Cuántos cromosomas tienen las células humanas? (respuesta corta)
2. Cuando la célula se va a dividir, ¿el ADN está en forma de cromatina? (V/F)
3. El proceso de división en el que se obtienen células autosómicas es (respuesta corta):
4. El proceso de división en el que se obtienen células sexuales es (respuesta corta):
5. Señala qué afirmación o afirmaciones es o son verdadera/s (selección múltiple):
 - (a) Mitosis consta de una división
 - (b) Mitosis consta de dos divisiones
 - (c) Meiosis consta de una división

- (d) Meiosis consta de dos divisiones
6. ¿Tanto la mitosis como la meiosis son procesos cíclicos? (V/F)
7. Señala qué afirmación o afirmaciones es o son verdaderas (selección múltiple):
- (a) Las células hijas en la mitosis son distintas entre ellas y distintas a la madre
 - (b) Las células hijas en la mitosis son idénticas entre ellas y a la madre
 - (c) Las células hijas en la meiosis son distintas entre ellas y distintas a la madre
 - (d) Las células hijas en la meiosis son idénticas entre ellas y a la madre
8. Señala qué afirmación o afirmaciones es o son verdaderas (selección múltiple):
- (a) Si una célula de 46 cromosomas se divide por mitosis se obtendrán 4 células de 23 cromosomas
 - (b) Si una célula de 46 cromosomas se divide por mitosis se obtendrán 2 células de 23 cromosomas
 - (c) Si una célula de 46 cromosomas se divide por mitosis se obtendrán 4 células de 46 cromosomas
 - (d) Si una célula de 46 cromosomas se divide por mitosis se obtendrán 2 células de 46 cromosomas
9. Señala qué afirmación o afirmaciones es o son verdaderas (selección múltiple):
- (a) Si una célula de 46 cromosomas se divide por meiosis se obtendrán 4 células de 23 cromosomas
 - (b) Si una célula de 46 cromosomas se divide por meiosis se obtendrán 2 células de 23 cromosomas
 - (c) Si una célula de 46 cromosomas se divide por meiosis se obtendrán 4 células de 46 cromosomas
 - (d) Si una célula de 46 cromosomas se divide por meiosis se obtendrán 2 células de 46 cromosomas
10. Escribe las fases de la división celular en orden (respuesta corta)

Post-test

1. ¿Mitosis y Meiosis son procesos de división celular? (V/F)
2. Cuando la célula se va a dividir, ¿se forma cromatina? (V/F)
3. Las células que se obtienen por meiosis son (selección múltiple):
 - (a) Todas las células
 - (b) Óvulo
 - (c) Espermatozoide
 - (d) Ninguna
4. ¿Cuántas células hijas se obtienen cuando una célula se divide por mitosis? (respuesta corta)
5. ¿Cómo son las células hijas obtenidas en la mitosis? (selección única):
 - (a) Idénticas entre ellas y a la madre
 - (b) Idénticas entre ellas pero distintas a la madre
 - (c) Diferentes entre ellas pero idénticas a la madre
 - (d) Diferentes entre ellas y a la madre
6. ¿Todas las células humanas excepto el óvulo y el espermatozoide son diploides, es decir, tienen $2n$ cromosomas? (V/F)
7. ¿Cuántas células hijas se obtienen cuando una célula se divide por meiosis? (respuesta corta)
8. ¿Cómo son las células hijas obtenidas en la meiosis? (selección única):
 - (a) Idénticas entre ellas y a la madre
 - (b) Idénticas entre ellas pero distintas a la madre
 - (c) Diferentes entre ellas y a la madre
 - (d) Diferentes entre ellas pero idénticas a la madre

9. Los óvulos y los espermatozoides son células haploides, tienen la mitad de información genética que el resto de células de un organismo, ¿a qué crees que se debe este hecho? (selección única):
- (a) Porque son pequeñas y no pueden contener mucho material genético
 - (b) Porque cuando se unen tienen que formar un individuo diploide
 - (c) Esto no es cierto, el óvulo y el espermatozoide son células diploides
 - (d) No lo sé
10. ¿La meiosis es un proceso cíclico? (V/F)
11. ¿La mitosis es un proceso cíclico? (V/F)
12. Señala qué afirmación o afirmaciones es o son verdaderas (selección múltiple):
- (a) Mitosis consta de una división
 - (b) Mitosis consta de dos divisiones
 - (c) Meiosis consta de una división
 - (d) Meiosis consta de dos divisiones
13. Si una célula humana de 46 cromosomas se divide por mitosis, ¿cuántos cromosomas tendrán las células hijas? (respuesta corta)
14. Si una célula humana de 46 cromosomas se divide por meiosis, ¿cuántos cromosomas tendrán las células hijas? (respuesta corta)
15. ¿Cuántas cromátidas tiene un cromosoma? (respuesta corta)
16. ¿Los cromosomas siempre van juntos en parejas de cromosomas idénticos llamados cromosomas homólogos? (V/F)
17. ¿Cómo se llama la fase previa a la mitosis y a la meiosis en la que la célula se prepara para la división? (respuesta corta)
18. Antes de la división, la célula tiene que (selección múltiple):
- (a) Crecer en tamaño
 - (b) Formar el huso acromático
 - (c) Duplicar el ADN y el centrosoma
 - (d) Incrementar los nutrientes y los orgánulos

- (e) Romper la envuelta nuclear
 - (f) Todas son ciertas
19. ¿Cómo se llaman las tres sub-fases en las que se divide la interfase? (respuesta corta)
20. ¿La segunda división de la meiosis es una mitosis? (V/F)
21. El orden de las fases en la mitosis y la meiosis es (selección única):
- (a) Anafase, metafase, profase, prometafase, telofase
 - (b) Profase, anafase, prometafase, metafase, telofase
 - (c) Telofase, anafase, metafase, prometafase, profase
 - (d) Profase, prometafase, metafase, anafase, telofase
 - (e) Prometafase, metafase, anafase, profase, telofase
22. En la profase de la mitosis (selección múltiple):
- (a) Se forman los cromosomas
 - (b) El ADN se duplica
 - (c) Se rompe la envuelta nuclear
 - (d) Todas son ciertas
 - (e) Ninguna es cierta
23. En la prometafase de la mitosis (selección múltiple):
- (a) Se forma el huso acromático
 - (b) Desaparecen el nucléolo y la envuelta nuclear
 - (c) Se duplican los cromosomas
 - (d) Los cromosomas se unen al huso acromático
 - (e) Todas son ciertas
24. En la metafase de la mitosis (selección múltiple):
- (a) Los cromosomas se rompen en cromátidas
 - (b) Los cromosomas se ponen en el plano ecuatorial

- (c) Se forma la envuelta nuclear
 - (d) Todas son ciertas
25. En la anafase de la mitosis (selección múltiple):
- (a) Los cromosomas se rompen en cromátidas
 - (b) Las cromátidas van a los polos
 - (c) El citoplasma se rompe para formar dos células
 - (d) El huso acromático desaparece
26. En la telofase de la mitosis (selección múltiple):
- (a) Se forma la cromatina
 - (b) Se obtienen dos células
 - (c) Las células hijas son iguales a la madre
 - (d) Tiene lugar al mismo tiempo que la citocinesis
27. Las diferencias entre la profase mitótica y la profase 1 de la meiosis son (selección múltiple):
- (a) No hay diferencias
 - (b) En la profase 1 de la meiosis los cromosomas homólogos se recombinan
 - (c) En la profase 1 de la meiosis la cromatina no forma cromosomas
 - (d) En la profase 1 de la meiosis se forman tétradas
28. Las diferencias entre la anafase mitótica y la anafase 1 de la meiosis son (selección múltiple):
- (a) En la anafase de la mitosis los cromosomas van a los polos y en la anafase 1 de la meiosis las cromátidas van a los polos
 - (b) En la anafase de la mitosis las cromátidas van a los polos y en la anafase 1 de la meiosis los cromosomas van a los polos
 - (c) En la anafase de la mitosis los cromosomas están juntos por el centrómero
 - (d) En la anafase 1 de la meiosis los cromosomas están juntos por el centrómero

29. Señala qué enunciado es falso (selección única):
- (a) La meiosis 2 es el mismo proceso que la mitosis y con el mismo número de cromosomas
 - (b) La meiosis 2 es el mismo proceso que la mitosis
 - (c) El número de cromosomas de la meiosis 2 es la mitad que el número de cromosomas que la mitosis
 - (d) Las cromátidas en la meiosis 2 tienen distinta información genética y en la mitosis tienen la misma información genética
30. Si una célula madre tiene $2n$ cromosomas con $n=4$, ¿qué enunciado o enunciados son ciertos? (selección múltiple)
- (a) Si se divide por mitosis, de la interfase a la telofase, cuando la célula aún no se ha roto, tendrá 16 cromosomas
 - (b) Si se divide por mitosis, de la interfase a la telofase, cuando la célula aún no se ha roto, tendrá 8 cromosomas y 16 cromátidas
 - (c) Si se divide por meiosis, al final de la telofase 1 la citocinesis 1, cada célula tendrá 4 cromosomas y 2 cromátidas
 - (d) Si se divide por meiosis, al final de la telofase 1 la citocinesis 1, cada célula tendrá 8 cromosomas y 16 cromátidas
 - (e) Si se divide por meiosis, al final de la telofase 2 la citocinesis 2, cada célula tendrá 4 cromosomas y 8 cromátidas
 - (f) Si se divide por meiosis, al final de la telofase 2 la citocinesis 2, cada célula tendrá 4 cromosomas de una cromátida cada uno.
 - (g) Al final de la mitosis, cada célula hija tendrá 8 cromosomas de una cromátida cada uno
 - (h) Al final de la mitosis, cada célula hija tendrá 16 cromátidas

Cuestionario de experiencia de usuario

1. Un holograma es:
- (a) Representación virtual de un objeto real
 - (b) Ilusión
 - (c) Espejismo

(d) Juego

2. Explica cómo crees que ha funcionado el prisma para hacer el holograma.
3. ¿Habías visto antes un holograma? en caso afirmativo explica dónde y en qué consistía.
4. ¿Qué es lo que más te ha gustado del uso del holograma?
5. ¿Qué es lo que menos te ha gustado del uso del holograma?
6. ¿Crees que la holografía es de utilidad para explicar contenidos de ciencias? explica el motivo de tu respuesta.
7. ¿En qué otras materias crees que se podría usar la holografía? especifica algún contenido.
8. ¿Crees que los hologramas son mejores que otras herramientas pedagógicas como simples videos, animaciones, etc. Explica los motivos de tu respuesta.
9. ¿Te gustaría que los hologramas se convirtiesen en una herramienta de uso habitual en las aulas?
10. ¿Tienes interés en conocer otras herramientas holográficas?
11. ¿Quieres comentar algún otro aspecto que no se haya mencionado pero que te parezca interesante?

Procedimiento

Inicialmente, todos los alumnos contestaron el pre-test de conocimientos con el fin de lograr que los grupos control y experimental fueran lo más homogéneos posibles. Posteriormente, al grupo control se le explicaron los contenidos de forma tradicional, en base a la exposición magistral. Tras la finalización del temario, se respondió al post-test de contenidos. Todos los tests fueron realizados con la aplicación Socrative[®] Teacher y respondidos por los alumnos con la aplicación Socrative[®] Student en iPad[®] Air[®].

Para el trabajo con el grupo experimental, tras haber contestado al pre-test, se llevó a cabo el armado de los prismas piramidales holográficos, que pueden mostrar la figura en 360°. Los vídeos, uno de mitosis y otro de meiosis, fueron tomados de Youtube[®], y editados con el editor de vídeos Camtasia[®] para poder usarlos en forma de proyección holográfica.

Para la reproducción de los vídeos holográficos se trabajó con iPad[®] Air[®], y sobre ellos se colocó el prisma piramidal en posición invertida. Los prismas se fabricaron con cajas de CD de música y plásticos de polietileno, usando medidas adecuadas a las dimensiones del iPad[®] Air[®] (2,5 cm de base menor, 13 cm de base mayor y 8,5 cm de altura).

En la Figura 8.7 se muestra el proceso de armado de los prismas piramidales.

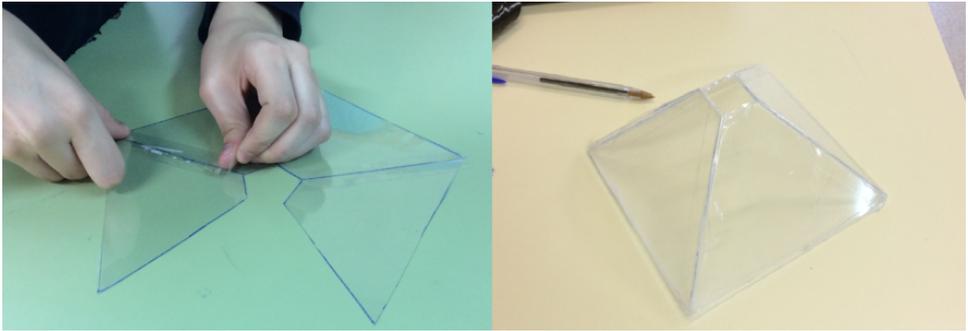


Figura 8.7: Armado del prisma piramidal para holograma de 360°.

En la Figura 8.8 se muestra el resultado de la proyección con un prisma de tipo piramidal hecho por los estudiantes usando los vídeos de mitosis y meiosis.

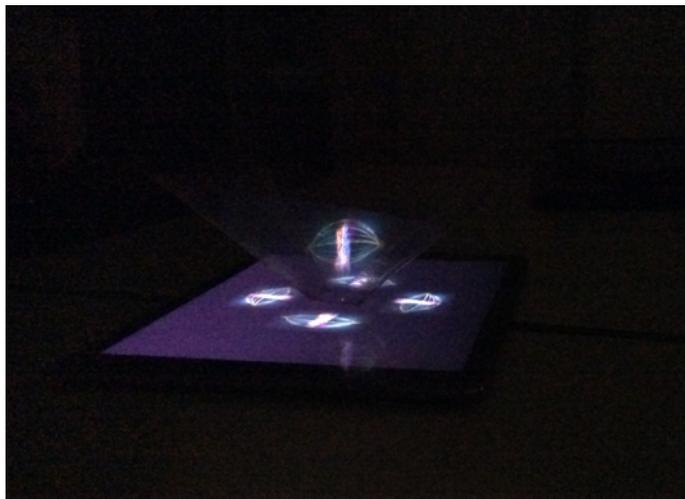


Figura 8.8: Resultado del uso del holograma.

Tras la finalización de la actividad con los prismas holográficos, se contestó al post-test de contenidos, el mismo que para el grupo control, y al cuestionario sobre el uso de la herramienta holográfica.

Análisis de datos

Primeramente se han recogido los porcentajes de respuestas correctas del pre-test para el global de alumnos. Para el análisis de los resultados de los post-test, debido a que no se trabajó bajo los supuestos paramétricos y la muestra fue menor de 30 casos para cada grupo, control y experimental, la prueba de hipótesis realizada para la comparación de medias en grupos independientes fue la U de Mann-Whitney [157]. La hipótesis nula, H_0 , establecida fue que no había diferencias significativas entre los grupos y la hipótesis alternativa, H_1 , que sí que las había. En el caso de que el valor obtenido tras el análisis con el paquete estadístico SPSS fuera menor que 0,05 como nivel de significación, se rechazaba la hipótesis nula.

Para cada una de las 30 preguntas del post-test, se ha comparado el porcentaje de aciertos entre el grupo control y el experimental. Además, se ha hecho una valoración de los conceptos que no han quedado del todo comprendidos tras el uso de la herramienta y en base a los cuales será preciso plantear su mejora.

Por último, se recoge el estudio descriptivo de los datos del test de experiencia de usuario de la herramienta.

8.3.1.4 Resultados y discusión

Resultados del pre-test

Tal y como se ha comentado, el pre-test constaba de 10 preguntas sobre conceptos muy sencillos relacionados con la división celular. Dado que los alumnos no habían visto los procesos de mitosis y meiosis en profundidad con anterioridad, la calificación que obtuvieron en el pre-test fue muy baja. Los resultados mostraron que el 47,6 % de los alumnos sabía que una célula humana tiene 46 cromosomas y el 57,1 % que cuando la célula se divide el material genético está en forma de cromosomas. Además el 61,9% de los alumnos sabía que el proceso por el cual se obtienen las células autosómicas es la mitosis y el 57,1 % que las células sexuales se obtienen mediante meiosis. Estos datos pueden verse en la Figura 8.9.

Tan solo el 23,8 % de los alumnos sabía que la mitosis consta de un único proceso de división, y que la meiosis son dos procesos consecutivos. Además, el 66,6 % consideraban que ambos procesos eran cíclicos.

En relación al resultado de los procesos de división, el 33,3% de los alumnos contestó correctamente a las premisas de que durante la mitosis se obtienen células iguales entre sí e iguales a la madre y durante la meiosis son distintas entre sí y diferentes a la madre. Hubo un 23,8 % que tan solo sabía la respuesta relativa a la mitosis.

De ese 33,3 % de alumnos que sabían ambas premisas, tan solo el 28,6% concluyó que el resultado en la mitosis son dos células de 46 cromosomas y el 14,3 % que en la meiosis son cuatro células de 23 cromosomas.

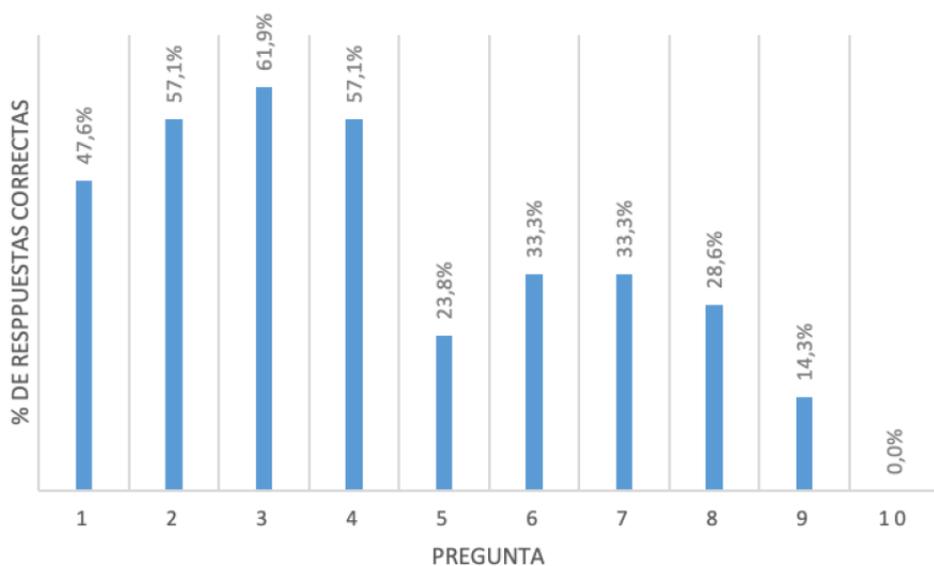


Figura 8.9: Resultados del pre-test.

Cuando se les indicó a los alumnos que numerasen las fases de la mitosis y la meiosis, ninguno supo contestar adecuadamente.

A partir de estos resultados, se formaron los grupos control y experimental de forma que fueran homogéneos entre ellos.

Resultados del post-test tradicional y el post-test tras el empleo del holograma

La prueba de comparación de medias de dos grupos independientes bajo los supuestos no paramétricos, U de Mann Whitney, fue llevada a cabo con el programa estadístico SPSS y reportó los resultados recogidos en la Figura 8.10.

Tal y como se puede observar, el nivel de significación obtenido es menor del 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula concluyendo que hay diferencias significativas entre ambos grupos, control y experimental. En la Figura 8.11 se recogen los estadísticos descriptivos de los dos grupos.

La diferencia de medias de las calificaciones entre ambos grupos obtenida es de 2,55 puntos, por lo que se concluye que el empleo de la herramienta holográfica ha mejorado el aprendizaje significativo de los conceptos de división celular en la muestra de estudio.

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de calificación es la misma entre las categorías de grupo.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asíntóticas. El nivel de significancia es ,05.

¹Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Figura 8.10: Resultados de la prueba U de Mann Whitney para el contraste de medias en grupos independientes.

grupo = 1

Estadísticos descriptivos^a

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza
calificación	20	4,83334	2,91666	7,75000	115,83858	5,7919290	1,46394172	2,143
N válido (por lista)	20							

a. grupo = 1

grupo = 2

Estadísticos descriptivos^a

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza
calificación	20	4,22000	5,78000	10,00000	166,84000	8,3420000	1,19146350	1,420
N válido (por lista)	20							

a. grupo = 2

Figura 8.11: Estadísticos descriptivos del grupo control (1) y del grupo experimental (2).

En la Figura 8.12 se puede ver la comparación entre el porcentaje de respuestas correctas en ambos test.

Tal y como se puede ver en la Figura 8.12, las diferencias más significativas se observan entre las preguntas 17 y 29 (con un valor de más del 40%). Este hecho nos resulta de gran relevancia ya que, como se ha comentado anteriormente, eran las preguntas de mayor dificultad, por lo que podemos concluir que el uso del holograma ha ayudado a los alumnos a afianzar los conceptos más que la metodología tradicional, basada en la exposición magistral. El hecho de haber podido ver en tres dimensiones los momentos clave en los que hay más diferencias entre la mitosis y la meiosis, ha ayudado a los alumnos a entender y relacionar mejor estos procesos.

Estas preguntas están relacionadas, en su mayoría, con las fases de ambos procesos de división y sus diferencias. Tal y como comentan Íñiguez y Puigcerver en [156], en esta etapa educativa, lo importante es que los alumnos entiendan los procesos globales, dando menos importancia al hecho de saber todo lo que sucede en cada fase.

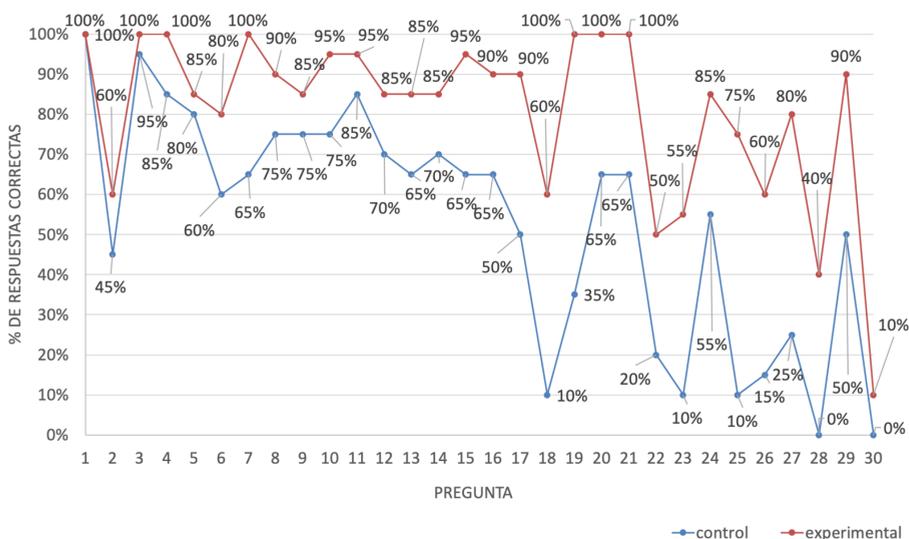


Figura 8.12: Gráfico de comparación del porcentaje de respuestas correctas de ambos post-test.

Principales dificultades vigentes tras el uso de la herramienta holográfica

Una de las dificultades observadas tras la aplicación de la herramienta, tiene que ver con el hecho de cómo está el material genético cuando la célula se va a dividir, ya que tan solo un 60% de los alumnos ha entendido el concepto de que cuando la célula está en estado normal ésta está en forma de cromatina.

En relación a cómo son las células que se forman tras los procesos de división mitótica y meiótica, el 85% y el 90% de los alumnos, respectivamente, han respondido adecuadamente, sin embargo ha habido un 15% de alumnos que ha contestado que las células mitóticas hijas son distintas entre ellas y distintas a la madre, y el 10% que las células hijas meióticas son iguales entre ellas y diferentes a la madre, por lo que se entiende que no han afianzado el concepto de variabilidad genética que pretende la meiosis.

En relación el número de cromosomas, un 20% de alumnos no ha comprendido el concepto de que todas las células autosómicas son diploides, y un 15% no ha comprendido que el fin de que los gametos sean haploides es debido a que, al fecundarse, tienen que originar un cigoto diploide. Al preguntar a los alumnos cuántos cromosomas tendrán las células hijas obtenidas por mitosis en un ser humano, un 15% ha respondido erróneamente que tendrán 23 y lo mismo ha pasado al preguntar por la meiosis, un 15% ha respondido que 46 cromosomas.

Los mayores fallos se han observado al diferenciar los sucesos que acontecen en cada fase de la división celular y al comparar ambos tipos de divisiones en relación a tales fases. Un 40% de los

alumnos no ha entendido que antes de la división celular, la célula tiene que crecer en tamaño, duplicar el ADN y el centrosoma e incrementar el número de nutrientes. Todos han marcado la opción de que el ADN se tiene que duplicar antes de comenzar la división, pero se han dejado los procesos de crecimiento y duplicación de nutrientes, probablemente por no estar relacionados con el material genético.

Tan solo el 50% de los alumnos ha contestado que durante la profase se forman los cromosomas, lo que lleva a pensar que no han comprendido el concepto de que, en estado natural, la célula tiene su material genético en forma de cromatina, tal y como se ha mencionado en el primer párrafo de este apartado.

En la prometafase, un 45% de los alumnos no ha marcado alguno de los procesos que se llevan a cabo, considerando, el 40% de ellos, que es en esta fase cuando el material genético se duplica. Sin embargo, tal y como se recoge en el estudio de Íñiguez y Puigcerver en [156], los fallos relacionados con el discernimiento de las fases no son tan importantes como la comprensión del propio proceso en sí mismo. En el caso concreto de la prometafase, son muchos los libros de texto que la omiten y dividen los procesos nucleares y la unión al huso acromático entre la profase y la metafase respectivamente.

Un 40% de los alumnos se ha dejado alguno de los procesos que acontecen en la telofase, pero todos han respondido que las células que se obtienen son iguales a la madre y el 75% que ocurre a la vez que la citocinesis. Para saber si los alumnos habían afianzado las diferencias entre la mitosis y la meiosis, se hicieron dos tipos de preguntas, las que relacionan las fases clave donde hay diferencias, profase y profase I y anafase y anafase I y las que se basan en el resultado final. Todos los alumnos saben que la diferencia principal entre la profase de la mitosis y la profase I de la meiosis es la recombinación genética, pero el 20% no señala la formación de tétradas en la profase I meiótica. En la anafase es donde se ha visto que los alumnos han tenido más dificultades para comparar ambos procesos, ya que el 45% de los alumnos ha señalado que durante la mitosis los cromosomas se van a los polos y en la anafase I son las cromátidas.

Por último, en relación a la comprensión del resultado final de la mitosis y la meiosis en su conjunto, poniendo un ejemplo concreto de una célula $2n$ con n igual a 4 cromosomas, tan solo el 10% de los alumnos ha señalado todas las opciones correctas. El 90 % restante se ha dejado respuestas correctas de contestar. Los resultados de la Tabla 8.1, en relación a la pregunta 30, muestran que los alumnos que han usado la herramienta han señalado más respuestas correctas.

La respuesta correcta que mayor porcentaje de aciertos ha tenido es la relativa al número de cromosomas y cromátidas que tiene cada célula hija en la mitosis (respuesta B), el 80% de los alumnos ha marcado que tendrán 8 cromosomas de dos cromátidas cada uno. En el caso de la meiosis, ha sido menor el porcentaje de aciertos, el 45% de los alumnos ha marcado que tras la meiosis I, cada célula hija tendrá la mitad de cromosomas, es decir 4 cromosomas cada uno con dos cromátidas (respuesta C), y en relación a la meiosis II, tan solo el 40% ha marcado que cada célula hija tendrá 4 cromosomas de solo una cromátida cada uno (respuesta F).

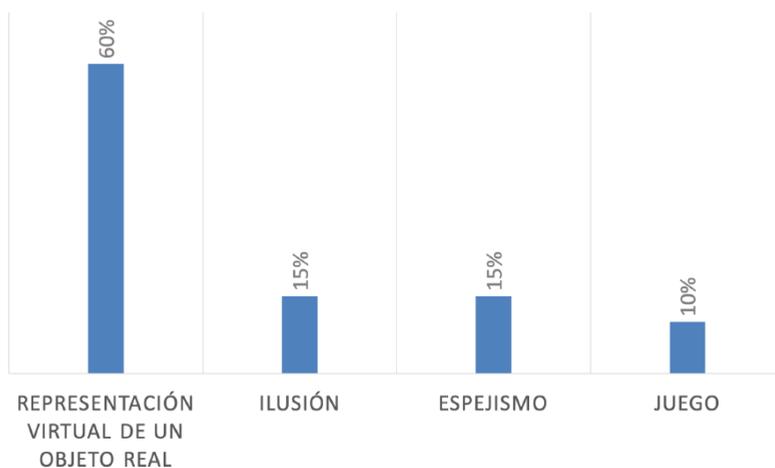
De forma general, se puede resaltar que los resultados muestran que los alumnos han entendido el proceso global de la división celular, lo cual, tal y como comentan Íñiguez y Puigcerver en [156], es lo más importante en este nivel educativo.

Tabla 8.1: Comparación del porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en la pregunta 30 del post-test en el grupo control y experimental.

Respuesta	Total respuestas tradicional	% de alumnos	Total respuestas hologramas	% de alumnos
A	7	35	3	15
B (Correcta)	10	50	16	80
C (Correcta)	8	40	9	45
D	12	60	11	55
E	11	55	10	50
F (Correcta)	6	30	8	40
G (Correcta)	6	30	8	40
H	6	30	8	40

Experiencia de usuario de la herramienta

Los resultados del cuestionario, que pueden verse en la Figura 8.13, para valorar el grado de satisfacción y la experiencia en el uso del recurso, mostraron que el 60% de los alumnos sabían que un holograma es una representación virtual de un objeto real, el 15% respondió que es una ilusión, el 15% que se trata de un espejismo y el 10% que es un juego.

**Figura 8.13:** Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: definición de holograma.

Para valorar si sabían realmente en qué se basa un holograma, se preguntó sobre la base científica que sustenta el fenómeno de la holografía y el 85% de los alumnos hablaron en términos de reflexión de la luz. Estos datos pueden verse en la Figura 8.14.

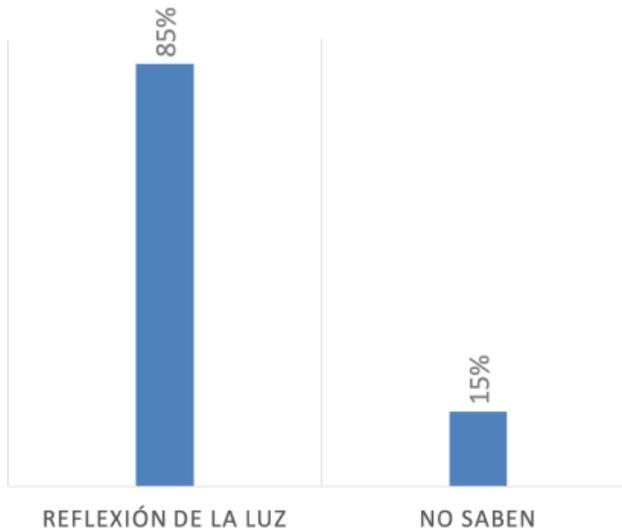


Figura 8.14: Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: fenómeno de la luz que lo produce.

Por otro lado, se les preguntó si alguna vez habían visto un holograma y todos los alumnos respondieron que no de forma real, pero sí en las películas, e incluso dos alumnos se acordaban del holograma que se hizo tras la muerte de Michael Jackson en un concierto honorífico.

En cuanto a la experiencia del uso del holograma, el 75% comentó que lo que más les gustó era poder ver el vídeo con el prisma holográfico y el 25% la construcción del mismo. El 95% consideró que la holografía puede ser de gran utilidad para estudiar contenidos de ciencias, de los cuales, el 68,4 % respondió que es debido a que fomenta el proceso de aprendizaje significativo y el 31,6 % porque es muy motivacional. Además de su uso en biología, el 60% de los alumnos consideró que sería de gran utilidad para estudiar los modelos moleculares en química, el resto dijo que en física, matemáticas y dibujo técnico. Estos resultados pueden verse en la Figura 8.15.

El 80% de los alumnos ve la holografía como una herramienta de enseñanza mejor que la tradicional en base al uso de vídeos convencionales o animaciones, y al mismo porcentaje le gustaría que llegara a ser una herramienta de uso común en las aulas y conocer más tipos de herramientas holográficas.

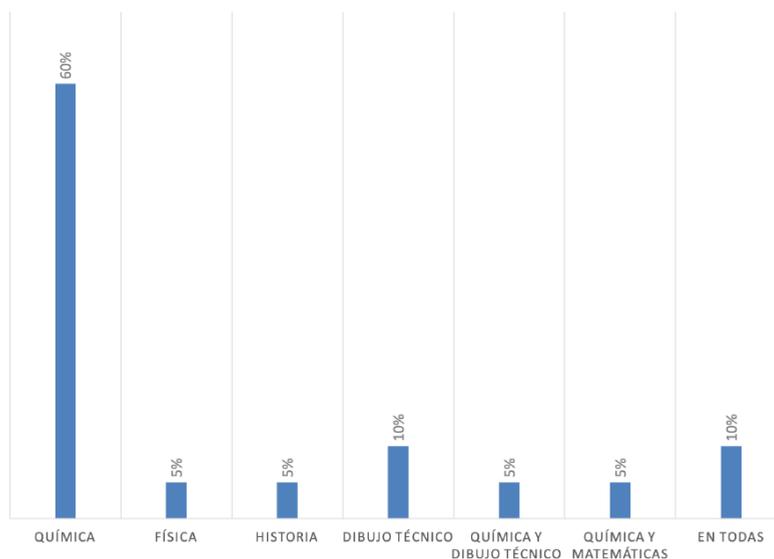


Figura 8.15: Resultados de algunas de las valoraciones de la experiencia de usuario: integración del holograma en otras asignaturas.

8.3.2 *Uso del holograma en el aprendizaje de conceptos de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos*

8.3.2.1 *Justificación de la investigación*

Cuando se trata del aprendizaje de las matemáticas, queda claro que las concepciones y los conocimientos que, en ocasiones, tienen los profesores están muy vinculados con la forma en la que a ellos se les enseñaron, tendiendo a reproducir los modelos que experimentaron [158]. En el estudio llevado a cabo por Blanco y Barrantes en [158], sobre las concepciones que tienen los alumnos de magisterio en relación a los conceptos geométricos, llegan a la conclusión de que son difíciles de enseñar, a la vez que de aprender por parte de los alumnos. Además, la geometría queda relegada a los últimos tiempos del curso escolar, todo lo cual conduce a que su impartición sea demasiado memorística.

En el caso concreto de la geometría, hay que tener presente, además, el conocido “fenómeno ostensivo” que supone un obstáculo para los alumnos. Este fenómeno surge a partir de la aparición de las figuras y los cuerpos geométricos dibujados en los libros de texto desde una única perspectiva, lo que implica que, cuando se colocan en otra orientación espacial, los alumnos no son capaces de aplicar los conocimientos que han adquirido con la primera imagen, es decir, no son capaces de extrapolar.

Tal y como comenta Gómez-Chacón en [159], a los alumnos se les enseña a aprender las fórmulas y cómo usarlas pero no a razonarlas, por lo que se acaban olvidando en un breve periodo de tiempo, conllevando a que el aprendizaje no sea significativo. Además, el examen supone la parte más importante, o incluso la única, de la evaluación de los contenidos de geometría. Por otro lado, el hecho de ser mostradas desde este punto de vista de aprendizaje memorístico, y pensar que la mayoría de las fórmulas no les van a ser útiles en un futuro, pudiendo hacer uso de Internet para buscarlas si fuera necesario, ha llevado a que los alumnos muestren un profundo desinterés por el aprendizaje de las mismas.

Según Villela en [160], la geometría debe ofrecer a los alumnos la posibilidad de describir, entender e interpretar el mundo real y sus fenómenos, mediante el uso de técnicas y herramientas que les permitan hacer conjeturas y extrapolaciones. En este sentido, poder fomentar en ellos la capacidad de asombro, en base al uso de herramientas de visualización, hace que adquieran interés en el aprendizaje de esta rama tan importante de las matemáticas que, además, está presente en el día a día de nuestra vida.

En este contexto, el papel del docente resulta crucial ya que está en su mano hacer que los estudiantes se interesen por la geometría. La geometría es la parte de las matemáticas que puede resultar menos abstracta en su comprensión, puesto que el mundo que nos rodea está repleto de figuras y cuerpos geométricos. Como comenta Fabres en [161], lo que necesitan los alumnos es un poco de observación dirigida para poder apreciarlos, y que el aprendizaje de la misma se haga más divertido y significativo, dando a los alumnos la oportunidad de trabajar con materiales, de forma que sean ellos mismos quienes construyan su proceso de aprendizaje.

Fabres en [161] comenta que los profesores de geometría deben tener siempre en cuenta que el fin de su enseñanza ha de ser que los alumnos adquieran habilidades que les permitan analizar las características y propiedades de las figuras y cuerpos geométricos, así como poder desarrollar argumentos para relacionar tales figuras y cuerpos, y usar sistemas para su localización espacial, desarrollando, de este modo, la capacidad de visualización en el espacio.

El término "ojo geométrico", acuñado por Fujita y Jones en [162], alude a que la intuición, basada en la experiencia previa en relación a los conceptos geométricos, es de gran utilidad cuando se aplica en las aulas. Teniendo en cuenta que los alumnos de Educación Secundaria han estudiado las formas de los cuerpos geométricos anteriormente al estudio de sus áreas y sus volúmenes, y que éstas forman parte del mundo que nos rodea, se puede considerar asequible proponer metodologías de enseñanza-aprendizaje que permitan desarrollar en ellos este "ojo geométrico".

Según el modelo pedagógico de Van Hiele, el pensamiento geométrico se desarrolla según cinco niveles de razonamiento (percepción, análisis, clasificación, deducción y rigor). Estos niveles están jerarquizados y son discontinuos, por lo que todo docente debería buscar mecanismos que permitan a los alumnos avanzar en ellos, teniendo en cuenta que el logro de un nuevo nivel dependerá del grado de habilidad que se tenga en el anterior.

En los años 70, surgió el interés en investigar cómo las habilidades espaciales están relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas [163]. Gutiérrez en [164] comenta que el proceso visual involucra la interpretación de representaciones externas para formar imágenes mentales que, posteriormente, se usarán para generar la información. En el ámbito de la geometría, esas

representaciones externas, al formar parte de la vida cotidiana, se pueden generar más fácilmente y, tal como comentan Owens y Outhred en [165], cuando se usan diagramas o representaciones visuales, se observa una mejora en el proceso de aprendizaje, ya que hacen que los alumnos presten atención a las relaciones que hay entre los distintos elementos.

El uso de imágenes prototípicas tan solo debe hacerse inicialmente, para presentar la forma geométrica y sus partes a los alumnos, siendo necesario hacer uso de representaciones diversas, para evitar el “fenómeno ostensivo”, mencionado anteriormente. Autores como Bishop en [166] y Clements y Battista en [167] comentan que se obtienen mejores resultados en el área de la geometría cuando se emplean materiales manipulativos, ya que se aumenta la capacidad de los alumnos para manejar los cuerpos y sus representaciones. Del mismo modo, comentan que resulta crucial llevar a cabo experiencias didácticas que permitan conectar los espacios di y tridimensionales entre sí.

En este sentido, resulta muy importante que desde los primeros cursos de la Educación Primaria, cuando los alumnos empiezan a ver los conceptos geométricos, se haga especial hincapié en el estudio de las figuras planas, ya que extrapolando se obtienen los cuerpos geométricos en el espacio tridimensional. Tal y como comenta Gutiérrez en [164], el correcto estudio de las mismas implica no olvidar ninguna de las dos direcciones de paso entre el plano y el espacio, que son el dibujo de las representaciones planas de sólidos y la construcción de sólidos a partir de sus representaciones planas, acciones que tienen importantes diferencias desde el punto de vista del proceso de aprendizaje y del uso que hacen de ellas los estudiantes.

En la actualidad, el uso de modelos virtuales que proporcionan las tecnologías gráficas es de gran utilidad y están sustituyendo a los modelos físicos, ya que otorgan la capacidad de poder interactuar [168].

Desde el año 2010, el aprendizaje móvil ha ido evolucionando y enriqueciéndose empleando nuevas tecnologías como la realidad aumentada, los entornos virtuales, etc., hasta el día de hoy, en que podemos ver que las clases cada vez se convierten más en entornos de aprendizaje virtual, donde el uso de tabletas o Ipads pone a disposición de profesores y alumnos un nuevo mundo de oportunidades de aprendizaje [169].

En este sentido, el uso de TIC aplicadas al aprendizaje de la geometría resulta muy interesante, ya que ayudan a los alumnos a desarrollar la capacidad espacial y, por lo tanto, a comprender los conceptos de manera significativa, permitiéndoles establecer relaciones entre las distintas figuras, en base a sus características y propiedades.

8.3.2.2 Objetivos

El objetivo general del presente estudio es mejorar el proceso de aprendizaje de conceptos matemáticos de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos de una muestra de estudiantes de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria, que han trabajado con el holograma, y valorar el grado de satisfacción de los mismos tras el uso de la herramienta.

Para lograr este objetivo general se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Identificar, mediante un pre-test, qué nociones mínimas tienen los alumnos sobre la geometría de figuras planas y cuerpos en el espacio.
- Motivar a los estudiantes a crear prismas holográficos para entender el concepto de holograma y observar cuáles son sus características.
- Valorar si el grado de comprensión de los conocimientos ha mejorado tras el uso de la herramienta mediante la aplicación de un post-test, tanto al grupo experimental como al grupo control.
- Recoger aquellas dificultades que siguen quedando vigentes tras la aplicación de la herramienta holográfica.
- Valorar, a través de un cuestionario, la experiencia de usuario de la herramienta holográfica.

8.3.2.3 Metodología

Muestra

El desarrollo de este estudio ha sido abordado considerando una muestra de 78 alumnos de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria. El estudio se ha llevado a cabo en cuatro clases de la asignatura de Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Académicas.

Del total de alumnos de las 4 clases, 35 formaron el grupo control, con el que se trabajó de forma tradicional y 43 el grupo experimental con el que se trabajó usando el holograma como medio de enseñanza. El grupo control y el grupo experimental fueron homogéneos y los alumnos realizaron un test de conocimientos previos para comprobar lo que recordaban de años anteriores, en relación a los contenidos de áreas y volúmenes de figuras planas y cuerpos volumétricos.

Diseño de la investigación

El estudio llevado a cabo ha sido de tipo exploratorio y la metodología que se ha empleado es cuantitativa ya que se basa en el análisis de datos cuantificables, que son las calificaciones obtenidas en los tests tras el desarrollo del experimento. Por tal motivo, se trata de un diseño cuasi-experimental en el que se valora si hay diferencias significativas entre dos grupos independientes.

Instrumentos de recogida de información

Para obtener la información requerida para este proyecto, se han empleado varios tipos de cuestionarios realizados con Google[®] Forms[®]. Primeramente, se ha trabajado con un pre-test con 21 preguntas muy sencillas, 12 de ellas sobre conceptos relacionados con las figuras planas, el nombre de sus partes y el cálculo de sus perímetros, áreas y volúmenes, 6 sobre la clasificación y la obtención de los cuerpos de revolución y 3 de ellas sobre el cálculo de áreas y volúmenes de cuerpos de revolución sin la aplicación de fórmulas. Este cuestionario ha servido para constituir los grupos control y experimental de forma que fueran homogéneos. A continuación, se muestra el modelo de cuestionario con el que ha trabajado para comprobar los conocimientos previos de los alumnos.

Pre-test

1. Los polígonos son figuras planas (V/F).
2. Los cuadriláteros tienen (selección única):
 - (a) Cuatro lados iguales
 - (b) Cuatro lados iguales dos a dos
 - (c) Cuatro ángulos iguales
 - (d) Cuatro ángulos rectos
3. El triángulo con dos lados iguales y uno distinto se llama (selección única):
 - (a) Equilátero
 - (b) Isósceles
 - (c) Escaleno
 - (d) Agudo
4. El triángulo con un ángulo mayor de 90° se llama (selección única):
 - (a) Escaleno
 - (b) Agudo
 - (c) Obtuso
 - (d) Rectángulo

5. La apotema de un polígono regular es (selección única):
- (a) El lado del polígono
 - (b) La suma de los lados del polígono
 - (c) La distancia del centro del polígono al vértice
 - (d) La distancia del polígono a la mitad del lado
6. ¿Qué es el perímetro de una figura plana? (selección única):
- (a) La suma de sus ángulos
 - (b) La suma de sus lados
 - (c) La línea que forma su contorno
 - (d) El espacio que recoge
7. El perímetro de un polígono se calcula sumando sus lados (V/F).
8. El perímetro de una circunferencia es (selección única):
- (a) πr^2
 - (b) $2\pi r^2$
 - (c) $2\pi r$
 - (d) πr
9. Un trozo de circunferencia se llama (selección única):
- (a) Arco
 - (b) Sector
 - (c) Radio
 - (d) Ángulo
10. ¿A qué figura plana corresponde la siguiente fórmula de cálculo de área axb , siendo a y b los lados? (selección única):
- (a) Rectángulo
 - (b) Cuadrilátero

(c) Triángulo

(d) Hexágono

11. La fórmula del área del triángulo es (selección única):

(a) Base \times altura/3

(b) Base \times altura/2

(c) Base \times altura

(d) Lado por lado

12. Cómo se calcula el área de un polígono de 5 lados en adelante? (selección única):

(a) Descomponiendo en triángulos equiláteros

(b) Descomponiendo en triángulos isósceles

(c) Descomponiendo en triángulos

(d) Descomponiendo en triángulos escalenos

13. El área de un círculo es (selección única):

(a) πr^2

(b) $2\pi r^2$

(c) $2\pi r$

(d) πr

14. Un poliedro es (selección única):

(a) Una figura plana

(b) Una figura en 3D

(c) Una figura en 3D cuyas caras son polígonos

(d) Una figura en 3D cuya superficie lateral es curva

15. Un ortoedro tiene forma de caja de zapatos (V/F).

16. ¿Cuál es un poliedro? (selección múltiple):
- (a) Cubo
 - (b) Prisma
 - (c) Ortoedro
 - (d) Pirámide
 - (e) Todos
17. Un cuerpo en revolución es (selección única):
- (a) Una figura plana
 - (b) Una figura en 3D
 - (c) Una figura en 3D cuyas caras son polígonos
 - (d) Una figura en 3D cuya superficie lateral es curva
18. ¿Cuál es un cuerpo en revolución? (selección múltiple):
- (a) Cilindro
 - (b) Cono
 - (c) Esfera
 - (d) Todos
19. La palabra arista se refiere a (selección única):
- (a) El lado de un poliedro
 - (b) El vértice de un poliedro
 - (c) La altura de un poliedro
 - (d) La cara de un poliedro
20. El área de superficie total de los poliedros se calcula como (selección única):
- (a) Área de la bases más el área lateral
 - (b) Área de una base por la altura

21. El área de superficie de los cuerpos en revolución se calcula como la suma del área lateral más las áreas de las base, excepto la de la esfera (V/F).
22. Señala la afirmación falsa (selección única):
- (a) El volumen de un cubo, ortoedro, prisma y cilindro se calcula como área de la base por la altura
 - (b) El volumen de un poliedro se calcula como área de la base por la altura
 - (c) El volumen de un cono es un tercio del volumen del cilindro
 - (d) El volumen de una pirámide de base cuadrada es un tercio del volumen de un cubo

Tras el desarrollo del experimento, sin que los alumnos tuvieran la opción de repasar lo que acababan de ver, se pasó el mismo post-test, tanto al grupo control como al experimental, para valorar si había diferencias significativas entre los resultados obtenidos en los mismos tras la aplicación o no de la herramienta. El post-test constaba de 14 preguntas sobre los conceptos de cálculos de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos estudiados. Éstos han sido:

- Áreas laterales y totales de poliedros
- Áreas laterales y totales de cuerpos en revolución
- Volúmenes de poliedros
- Volúmenes de cuerpos de revolución

Dentro de los poliedros, se han estudiado el cubo, el ortoedro, el tetraedro, los prismas rectangular y hexagonal, la pirámide y el tronco de pirámide. Dentro de los cuerpos de revolución, se han estudiado el cilindro, el cono, el tronco de cono y la esfera. Además, se ha visto la relación entre el volumen del tetraedro y el prisma triangular, entre el cubo y la pirámide de base cuadrada y entre el volumen del cono, cilindro y esfera. De las 14 preguntas del post-test, 9 eran de selección única de un valor numérico correspondiente a la solución de la aplicación de una fórmula para calcular un área o un volumen de un cuerpo geométrico. En las otras 5 había que marcar una o varias afirmaciones relacionadas con la obtención de los cuerpos geométricos y la relación entre los volúmenes de los mismos. A continuación, se encuentra el modelo de post-test utilizado:

Post-test

1. El área de superficie de un ortoedro de 5 cm de largo, 2 cm de ancho y 3 cm de alto es (selección única):
- (a) 30 cm
 - (b) 30 cm^3
 - (c) 62 cm^2

- (d) 10 cm^2
2. El área de superficie total de un prisma que tiene como base un triángulo rectángulo cuyos catetos miden 4 cm y 3 cm y la altura del prisma es de 6 cm es (selección única):
- (a) 72 cm^2
(b) 84 cm^2
(c) 78 cm^2
(d) 36 cm^2
3. El área de superficie total de un prisma hexagonal de 7 cm de altura cuya base está formada por un hexágono de 6 cm de lado y cuya apotema es 4 cm es (selección única):
- (a) 396 cm^2
(b) 66 cm^2
(c) 276 cm^2
(d) 324 cm^2
4. El área lateral de un pirámide de base cuadrada cuyas caras están formadas por triángulos isósceles cuyos lados igual es miden 5 cm y el desigual 6 cm es (selección única):
- (a) 12 cm^2
(b) 48 cm^2
(c) 84 cm^2
(d) 24 cm^2
(e) 60 cm^2
5. El área lateral de un tronco de pirámide de base cuadrada cuyas caras son trapecios de base mayor 7 cm y base menor 4 cm y apotema 5 cm es (selección única):
- (a) 70 cm^2
(b) 280 cm^2
(c) 110 cm^2
(d) 88 cm^2

6. Señala la/las afirmación/es correcta/s (selección múltiple):

- (a) Un cilindro es un cuerpo de revolución que se obtiene cuando se gira un rectángulo o un cuadrado por uno de sus lados, por tal motivo su área de superficie lateral se calcula multiplicando la longitud de la circunferencia que forma al girar por la altura.
- (b) Un cono es un cuerpo de revolución que se obtiene cuando gira un triángulo rectángulo por uno de sus catetos y el área de superficie lateral se obtiene multiplicando la longitud de la circunferencia que forma al girar por la altura.
- (c) Un tronco de cono es un cuerpo de revolución que se obtiene al cortar un cono o cuando gira un trapecio rectángulo por su lado recto y su área de superficie lateral es $\pi g(R + r)$.
- (d) Una esfera es un cuerpo de revolución que se obtiene cuando gira un semicírculo o un círculo alrededor de su diámetro y su área de superficie es la suma del área de 4 círculos.

7. Señala la/las afirmación/es correcta/s (selección múltiple):

- (a) El volumen de un cubo y un octoedro se calcula siempre como el área de base por su altura
- (b) El volumen de un prisma hexagonal se calcula como el área de su base por su altura
- (c) El volumen de un cilindro se calcula como el área de la base por la altura
- (d) Las dos primeras son correctas
- (e) Todas son correctas

8. Señala la afirmación o afirmaciones correcta/s (selección múltiple):

- (a) Tres pirámides de base triangular forman un cubo
- (b) Tres pirámides de base triangular forman un tetraedro
- (c) Tres pirámides de base cuadrada forman un cubo
- (d) Tres pirámides de base cuadrada forman un tetraedro

9. Si un cubo tiene un volumen de 27 cm^3 , ¿qué volumen tendrán las pirámides que lo forman? (selección única):

- (a) 3 cm^3
- (b) 9 cm^3

- (c) $13,5 \text{ cm}^3$
- (d) $6,75 \text{ cm}^3$
10. Si una pirámide de base cuadrada de lado 7 cm y altura 6 cm se corta a una altura desde el suelo de 4 cm de manera que el lado del cuadrado de la base menor es 2 cm, el volumen del tronco de pirámide que se forma es (selección única):
- (a) 86 cm^3
- (b) $95,3 \text{ cm}^3$
- (c) 6 cm^3
- (d) 12 cm^3
11. El volumen de un cono de diámetro 6 cm y altura 5 cm es (selección única):
- (a) $47,1 \text{ cm}^3$
- (b) $141,3 \text{ cm}^3$
- (c) $188,4 \text{ cm}^3$
- (d) $70,65 \text{ cm}^3$
12. Si un cono que tiene 3 cm de radio y 5 cm de altura se corta a una altura desde la base de 3 cm de manera que el radio menor del círculo que se forma tiene 1,2 cm, el volumen del tronco del cono que se obtiene es (selección única):
- (a) $47,1 \text{ cm}^3$
- (b) $44,1 \text{ cm}^3$
- (c) $42,58 \text{ cm}^3$
- (d) $3,01 \text{ cm}^3$
13. Señala la afirmación falsa en relación al volumen de la esfera (selección única):
- (a) Se calcula como un tercio del producto del área de la superficie por el radio
- (b) Se puede calcular sumando los volúmenes de todas las pirámides de base cuadrada que la constituyen
- (c) La capacidad de dos conos es la misma que la de una esfera, si la altura y el diámetro del cono tienen el mismo valor que el diámetro de la esfera.

- (d) La capacidad de dos esferas es la misma que la de tres cilindros, si la altura y el diámetro del cilindro tienen el mismo valor que el diámetro de la esfera.

14. Señala la afirmación/es falsa/s (selección múltiple):

- (a) La capacidad de tres conos es la misma que la de tres cilindros, si tienen la misma altura y la misma área de la base.
- (b) La capacidad de tres conos es la misma que la de un cilindro, si tienen la misma altura y la misma área de la base.
- (c) La capacidad de un cono es la misma que la de una semiesfera, si la altura y el diámetro del cono son iguales que el diámetro de la semiesfera.
- (d) La capacidad de tres esferas es la misma que la de dos cilindros, si la altura y el diámetro del cilindro son iguales al diámetro de la esfera.
- (e) La capacidad de dos esferas es la misma que la de tres cilindros, si la altura y el diámetro del cilindro son iguales al diámetro de la esfera.

Finalmente, se ha empleado un cuestionario para valorar la experiencia de los alumnos tras el uso del holograma. Este cuestionario consta de 16 preguntas, 12 de las cuales son de valoración en escala tipo Likert de 1 a 5 (siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo) sobre lo que el uso del holograma ha supuesto en el proceso de aprendizaje de los alumnos en términos de trabajo autónomo, creatividad, compañerismo, etc., y las otras 4 preguntas se han basado en valorar el nivel de satisfacción y de recomendación del uso del holograma. El modelo de cuestionario usado se muestra a continuación:

Cuestionario de experiencia de usuario

1) Tipo likert:

1. Mis resultados de aprendizaje han incrementado
2. Me he divertido aprendiendo
3. He aprendido de forma más autónoma
4. He logrado incrementar la capacidad lógica
5. Mi creatividad ha aumentado
6. Ha aumentado mi motivación
7. He podido autoevaluar mi proceso de aprendizaje
8. Esta metodología me ha gustado más que la tradicional

9. El aprendizaje ha sido más activo por mi parte
10. El uso de esta metodología ha fomentado el aprendizaje cooperativo con mis compañeros
11. He podido aprender a mi propio ritmo
12. Considero que voy a ser capaz de retener mejor los contenidos que he aprendido gracias al uso de esta metodología

2) Otras:

13. El fenómeno físico que ha tenido lugar en el uso del holograma es:
14. Lo que más me ha gustado del uso de holograma es:
15. ¿En qué asignatura/s crees que se podría usar además de matemáticas?
16. ¿Recomendarías el holograma como herramienta de enseñanza?

Procedimiento

Una vez establecidos los grupo control y experimental, a partir de los resultados del pre-test, se ha trabajado con el grupo control de manera tradicional, a través del visionado de las figuras en el libro de texto y el aprendizaje memorístico de las fórmulas, mientras que con el grupo experimental se ha trabajado con el holograma.

Para ello, se establecieron cinco fases en el desarrollo del experimento que fueron:

1. Comprobación de los conocimientos previos de los alumnos, tanto del grupo control como del grupo experimental, sobre el cálculo de áreas de figuras planas y los tipos y características de cuerpos geométricos. Para el desarrollo de la experiencia de aula usando los hologramas, es crucial que el profesor conozca los conocimientos previos que tienen los alumnos sobre geometría, en particular sobre las áreas de las figuras planas, ya que serán de ayuda para el cálculo de áreas laterales y volúmenes de cuerpos geométricos. A partir de estos conocimientos, los vídeos que se usen para la visualización del holograma deberán contener más o menos información textual.
2. Construcción de las figuras que se van a proyectar con el holograma. Una vez que el profesor ha determinado los conocimientos previos de los alumnos, puede realizar el montaje de los vídeos que se usarán en la experiencia. En este caso se ha trabajado con 4 vídeos independientes sobre:
 - (a) áreas laterales de poliedros
 - (b) áreas de cuerpos en revolución
 - (c) volúmenes de poliedros

(d) volúmenes de cuerpos de revolución

Los vídeos fueron mostrados en este mismo orden a los alumnos. Las figuras han sido creadas con el programa Geogebra[®], añadiendo en cada una de ellas tanta letra explicativa como se ha estimado necesaria, y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones, tal y como comenta Gutiérrez en [164], en el caso de:

- Las áreas laterales de los poliedros: resulta imprescindible hacer especial hincapié en la descomposición de los mismos en cada una de las caras, de forma que los alumnos lleguen al cálculo del área lateral a partir de las áreas de las figuras planas.
 - Los cuerpos de revolución (cilindro, cono, tronco de cono y esfera): es importante que los alumnos comprendan cómo se obtiene cada uno de ellos a partir de la revolución de las figuras planas.
 - Las áreas laterales del cilindro, cono y tronco de cono: se recomienda romper los mismos para llegar a la fórmula del área. En el caso del área de la esfera, es conveniente resaltar que es igual que el área de 4 círculos.
 - El volumen del tetraedro y de la pirámide de base cuadrada: se ve necesario mostrarlo a partir de la disposición en tres dimensiones de las figuras en dos dimensiones. El volumen del tetraedro se puede mostrar como un tercio del volumen de un prisma, juntando tres tetraedros, y el volumen de una pirámide de base cuadrada se puede hacer como un tercio del volumen el cubo, de la misma manera que el anterior.
 - El volumen de los cuerpos de revolución: resulta crucial hacer ver a los alumnos la relación que hay entre los volúmenes del cono, cilindro y esfera.
3. Creación de un vídeo de cada figura con Camtasia[®], girando las figuras y mostrando su descomposición cuando se pueda. Finalmente, se editan, también con Camtasia[®], para que puedan ser vistos por proyección. En la Figura 8.16 se puede ver el resultado de una imagen del vídeo que se proyecta con el holograma.
 4. Construcción del holograma. Para ello, se ha usado acetato ya que es un material plástico transparente, semiblando, que se corta fácilmente. En nuestra experiencia, para la fabricación de cada holograma, los alumnos cortaron cuatro trapecios, cuyas medidas se calcularon teniendo en cuenta que se iban a usar iPad[®] Air[®] como dispositivos para proyectar los vídeos. Las dimensiones de los trapecios fueron: 13 cm de basa mayor, 2,5 cm de base menor y 8,5 cm de altura. Cabe destacar que, en este caso, la mera construcción del holograma llevó a que los alumnos se familiarizaran con el cálculo del área lateral del tronco de pirámide.
 5. Visualización de los vídeos con el holograma. Los alumnos lo colocaron en posición invertida encima de la pantalla del dispositivo visualizando, de manera consecutiva, dos veces cada vídeo. La primera vez se les pidió que se centrasen solo en el vídeo. Tras el segundo visionado los alumnos rellenaron una ficha, haciendo los dibujos ellos mismos y deduciendo

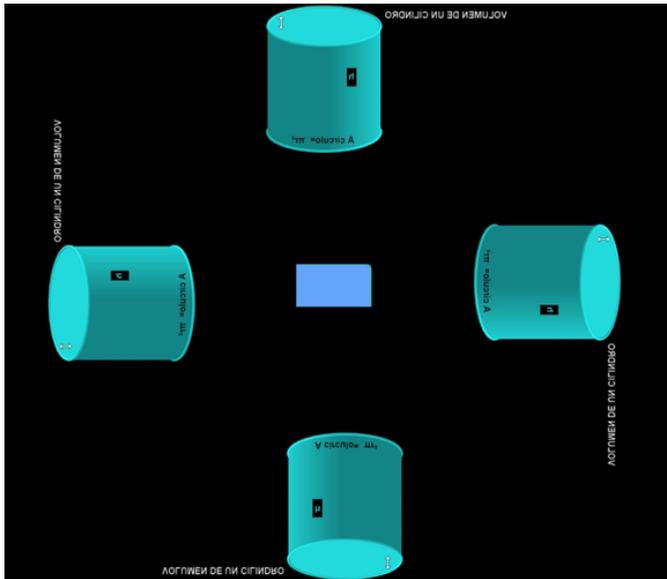


Figura 8.16: Imagen del cálculo del volumen del cilindro del vídeo desarrollado para proyectarlo con el holograma.

las fórmulas en base a lo que iban descubriendo en los vídeos. A continuación se recoge una imagen del resultado de la experiencia en la Figura 8.17.

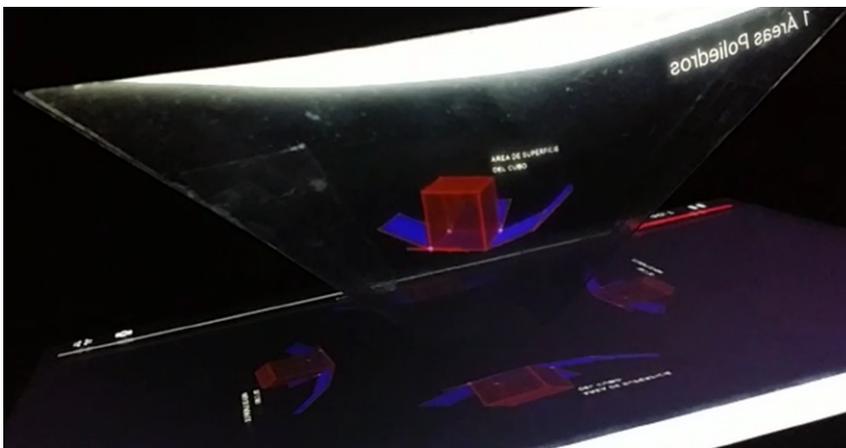


Figura 8.17: Imagen del resultado de la proyección del vídeo con el holograma para la visualización del área lateral del cubo a través de la descomposición.

Finalizada la experiencia, los alumnos rellenaron el post-test, cuyo objetivo es determinar los conocimientos adquiridos sobre los contenidos trabajados. Su análisis permite comprobar la efectividad del holograma, al comparar los datos del grupo experimental con los del grupo control, en el aprendizaje de los conceptos trabajados sobre áreas y volúmenes de cuerpos geométricos.

Finalmente, se pasó a los alumnos un test de experiencia de usuario, que se considera de gran utilidad para conocer la impresión de los alumnos en relación al uso de la herramienta y, por lo tanto, poder valorar los puntos fuertes del trabajo con el holograma, así como los puntos débiles que se deban mejorar.

Análisis de datos

Tanto para el pre-test como para el post-test se ha analizado el porcentaje de aciertos. En el caso del pre-test, en este análisis se incluyen los resultados globales ya que éstos sirvieron para la creación de grupos homogéneos y para ayudar en la creación de los vídeos en base a los conocimientos previos de los alumnos.

Para el análisis de los resultados de los post-test, cabe mencionar que se ha trabajado bajo los supuestos paramétricos en dos muestras independientes, grupo control y grupo experimental, por lo que la prueba de hipótesis escogida para la comparación de medias fue la T de Student, al ser dos grupos de más de 30 casos. La hipótesis nula establecida, H_0 , fue que no había diferencias significativas entre los grupos y la hipótesis alternativa, H_1 , que sí las había. En el caso de que el valor obtenido fuera menor que 0,05, nivel de significatividad escogido, se rechazaba la hipótesis nula.

Para cada una de las 14 preguntas del post-test, se ha comparado el porcentaje de aciertos entre el grupo control y el experimental, tomando únicamente aquellas respuestas que estaban completas como válidas. Además, se ha hecho una valoración de los conceptos que no han quedado del todo comprendidos tras el uso de la herramienta, y en base a los cuales será preciso plantear su mejora.

Por último, se recogen los resultados del test de experiencia de usuario de la herramienta. Para el análisis de los datos de los ítems valorados en escala tipo Likert, se ha estudiado la correlación entre los mismos con el estadístico Rho de Spearman.

8.3.2.4 Resultados y discusión

Resultados del pre-test

Tal y como se ha comentado, el pre-test constaba de 21 preguntas de conceptos muy sencillos sobre figuras planas, el nombre de sus partes y el cálculo de sus perímetros, áreas y volúmenes, sobre la clasificación y la obtención de los cuerpos de revolución y de ellas, dos han sido sobre el cálculo de áreas y volúmenes de cuerpos de revolución sin la aplicación de fórmulas. En la Figura 8.18 se recogen los datos de aciertos globales de los resultados del pre-test.

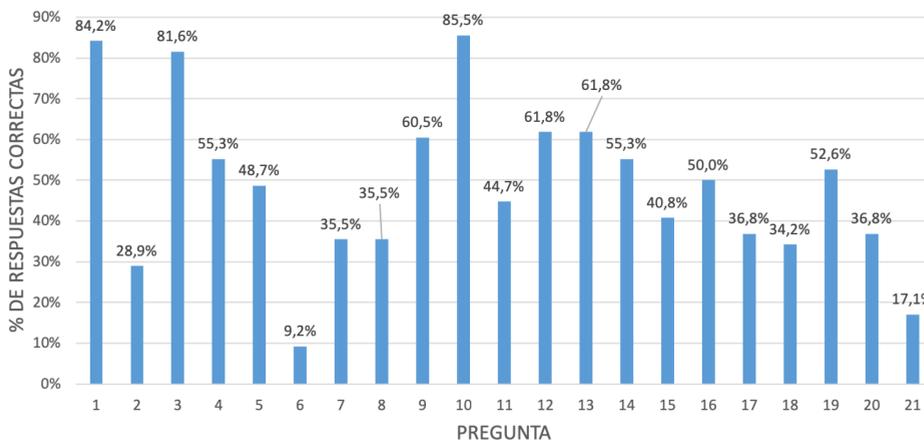


Figura 8.18: Porcentajes de aciertos globales en el pre-test, conjunto para el grupo control y experimental.

Tal y como se puede observar, en general, el porcentaje de aciertos es alto para todas las preguntas, lo cual quiere decir que la mayoría de los alumnos recuerdan los contenidos de geometría trabajados en cursos anteriores. Las preguntas 1, 3 y 10 son las que mayor porcentaje de aciertos han presentado por lo que los alumnos saben qué es un polígono, la clasificación de los triángulos y el cálculo del área de éstos. En las preguntas 9, 12 y 13 también han obtenido más del 60% de aciertos, por lo que los alumnos saben calcular el área de un cuadrilátero y de un círculo, así como lo que es un poliedro. En la pregunta 2, relacionada con la definición de cuadriláteros, los alumnos han obtenido puntuación baja por considerar que un cuadrilátero es un cuadrado y olvidarse del resto de figuras que hay en esta clasificación. Por lo tanto, el 71% ha puesto que es una figura con 4 lados iguales o con 4 ángulos iguales o con 4 ángulos rectos.

La pregunta 6 es la que menos porcentaje de respuestas correctas ha tenido. La mayor parte de los alumnos han respondido que el perímetro es la suma de los lados, olvidando que el círculo no tiene lados. En cuanto a la pregunta 21, el porcentaje de aciertos ha sido pequeño, ya que era sobre cálculo de volúmenes de cuerpos geométricos, contenido que los alumnos aún no habían estudiado. Un 17,1% han marcado la opción correcta y han sabido que no todos los volúmenes de los poliedros se calculan multiplicando el área de la base por la altura, pero la mayoría no sabía que los volúmenes de un cubo, ortoedro, prisma de base cuadrada y cilindro se calculan de la misma manera o, que los volúmenes del cono y de la pirámide de base cuadrada son un tercio de los del cilindro y cubo respectivamente.

Resultados del post-test tradicional y el post-test tras el empleo del holograma.

En la Tabla 8.2 se recogen los estadísticos descriptivos de las calificaciones del pos-test de ambos grupos, control y experimental.

Tabla 8.2: Estadísticos descriptivos de los grupos control y experimental.

Grupo	N	Media	Media de error estándar
Control	35	2,617	,1301
Experimental	43	6,520	,1930

Tal y como se puede observar, la calificación del grupo experimental difiere en 3,9 puntos de la del grupo control, aunque en el grupo experimental los datos han tenido mayor dispersión y, por lo tanto, hay más diferencia entre el valor máximo y mínimo.

La prueba de comparación de medias de dos grupos independientes bajo los supuestos paramétricos, T de Student, fue llevada a cabo con el programa estadístico SPSS y reportó los resultados recogidos en la Tabla 8.3.

Tabla 8.3: Resultados de la prueba T de Student para el contraste de medias en grupos independientes.

	Sig. (bil)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Se asumen varianzas iguales	,000	-3,9021	,2441
No se asumen varianzas iguales	,000	-3,9021	,2327

Se observa que, el nivel de significación obtenido es menor del 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que hay diferencias significativas entre ambos grupos, control y experimental.

Como se ha comentado anteriormente, la diferencia de medias ha sido de 3,9 puntos, por lo que se concluye que el empleo de la herramienta holográfica ha mejorado el aprendizaje significativo de los conceptos trabajados sobre áreas y volúmenes. Cabe señalar que, el valor de la media de calificación del grupo experimental no es muy alta, 6,52, pero este hecho es lógico si tenemos en cuenta que el post-test ha sido respondido por los alumnos inmediatamente después de trabajar con el holograma, sin poder hacer el posterior repaso de los conceptos aprendidos. Lo importante es que queda verificado que los alumnos han aprendido los conceptos mediante el uso de esta

herramienta y los vídeos seleccionados, siendo ellos mismos quienes han ido construyendo su propio proceso de aprendizaje.

El porcentaje de aciertos de cada pregunta para ambos grupos este se recoge en la Figura 8.19.

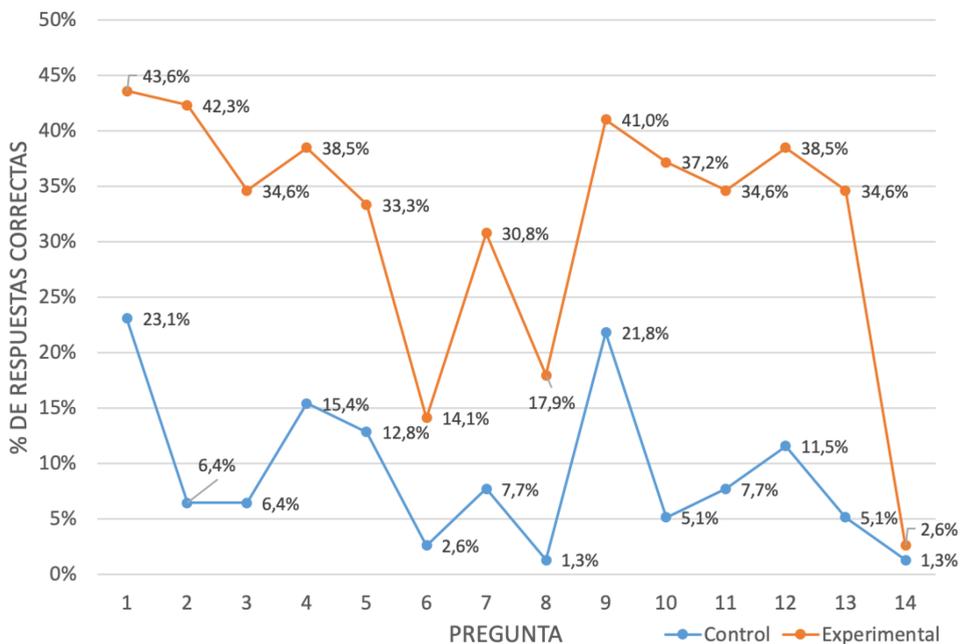


Figura 8.19: Gráfico de comparación del porcentaje de respuestas correctas de ambos post-test, control y experimental.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las calificaciones obtenidas han sido bajas tanto para el grupo control como para el experimental debido a que es la primera vez que han estudiado estos conceptos y el post-test se ha pasado inmediatamente después de haberlos visto. Además, en las calificaciones específicas por pregunta, también se aprecia que los valores de aciertos recogidos en la Figura 8.19, aunque han sido mayores en el caso del grupo experimental, siguen siendo bajos, ya que ninguna pregunta supera de un 45% de aciertos.

En términos de similitud entre ambos grupos, se puede decir que la pregunta 1, sobre el área lateral del ortoedro y la pregunta 9, sobre la relación entre los volúmenes del cubo y las tres pirámides de base cuadrada que lo forman, con valores numéricos, son las que han obtenido mayores calificaciones en ambos grupos, aunque el porcentaje de respuestas correctas ha sido mayor en el grupo experimental.

Como se puede observar en la Figura 8.19, ha habido una ganancia de entre el 20% y 30% en la mayoría de las preguntas tras el uso del holograma, a excepción de las preguntas 6, 8 y 14, que

son las que presentan menores diferencias. Interesa poder conocer el motivo de cara a futuras mejoras de la herramienta o de la metodología. Los resultados de las preguntas 6, 8 y 14 se muestran en la Figura 8.20.

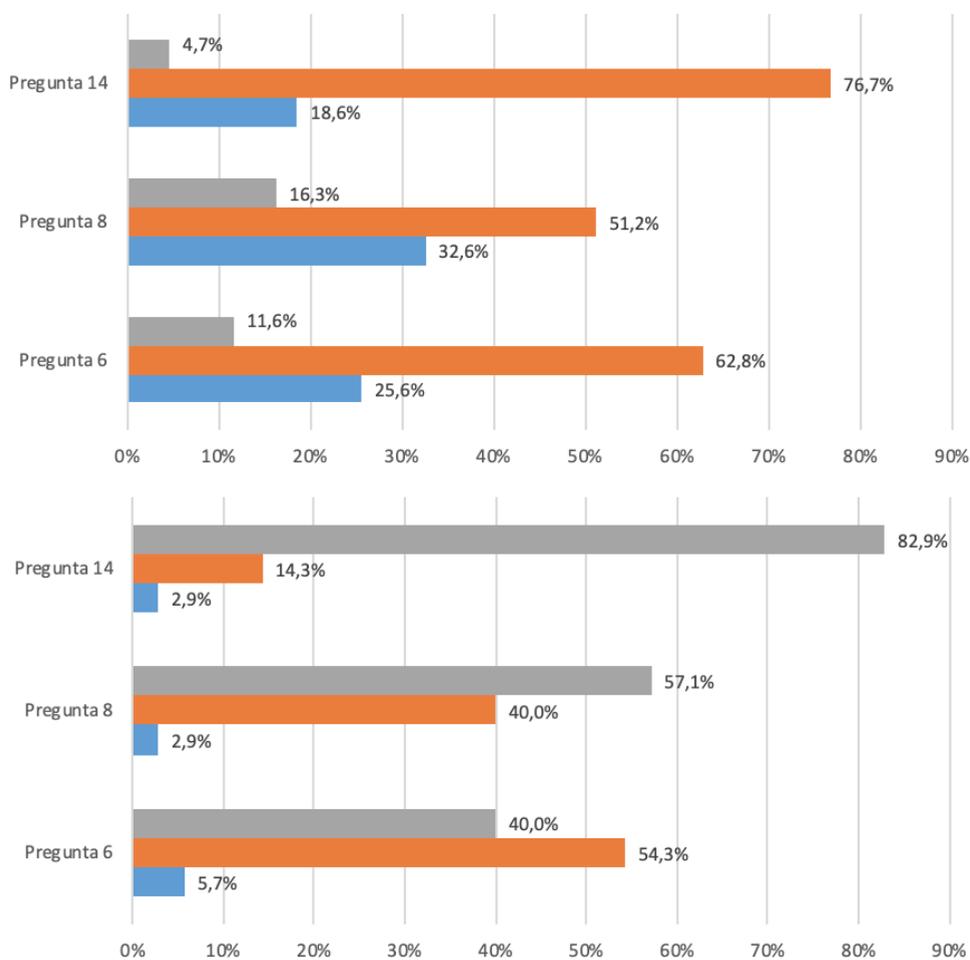


Figura 8.20: Resultados de los porcentajes de respuestas de alumnos de los grupos experimental (arriba) y control (abajo) en las preguntas 6, 8 y 14. En gris, alumnos que han respondido mal a todas las opciones, en naranja, alumnos que han respondido alguna de las opciones y en azul, alumnos que han respondido bien a todas las opciones.

La particularidad de estas preguntas es que tenían varias opciones para responder. En el caso de la pregunta 6, relacionada con la obtención de los cuerpos volumétricos y el cálculo de su

área, la mayor parte de los alumnos, tanto en el grupo control como en el experimental, el 62,8% y el 54,3% respectivamente, se han dejado algunas opciones sin responder, pero es importante mencionar que el 25,6% de los estudiantes del grupo experimental han respondido correctamente a todas las preguntas, frente al 5,7% en el grupo control.

En la pregunta 8, sobre la relación entre los volúmenes del tetraedro y el prisma y los de la pirámide de base cuadrada y el cubo, tan solo el 32,6% de los alumnos del grupo experimental han respondido correctamente todas las preguntas mientras que el 51,2% se han dejado alguna opción sin responder. En el grupo control, solo el 2,9% han respondido a todas y el 40% solo han seleccionado alguna.

Por último, en la pregunta 14, sobre la relación entre el volumen del cono, cilindro y esfera, el 76,7% de los alumnos del grupo experimental se han dejado alguna pregunta y solo el 18,6% han marcado todas las correctas. En el grupo control, el 82,9% no marcaron correctamente ninguna opción.

En términos generales, se puede decir que en estas preguntas los alumnos del grupo experimental se han dejado opciones sin responder pero los del grupo control han tenido muchos más fallos. Este hecho nos ayuda a poner de manifiesto el potencial de esta herramienta para el estudio de los volúmenes y las áreas.

Sin embargo, consideramos que es importante hacer un análisis de los motivos por los cuales se han obtenido estas calificaciones tan bajas, especialmente en el grupo experimental ya que es el que ha trabajado con la herramienta. Consideramos que este hecho puede deberse a dos opciones, por un lado es posible que los alumnos no hayan entendido los conceptos de forma correcta, pero también puede que sea posible que el hecho de que fueran respuestas de selección múltiple haya conllevado a que tuvieran más fallos. Por este motivo, de cara a futuras experiencias, se valorará cambiar el tipo de preguntas para saber si reside ahí el problema.

Experiencia de usuario de la herramienta

Como se ha comentado anteriormente, la experiencia de usuario se ha valorado desde dos puntos de vista. Por un lado, se han tenido en cuenta las opiniones de los alumnos sobre lo que es el holograma y su nivel de satisfacción, y, por otro, se ha valorado, mediante escala Likert de 1 a 5 (siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo), lo que consideran que supone el holograma para su proceso de enseñanza y aprendizaje. Los resultados se recogen en las Figuras 8.21 y 8.22.

Obsérvese que las valoraciones del uso del holograma han sido muy positivas entre el alumnado del grupo experimental de la muestra que ha trabajado con él, ya que el 97,4% de los alumnos lo recomendaría como un medio de enseñanza. De los aspectos seleccionados sobre qué es lo que más les ha gustado de trabajar con el holograma, la mayor parte de los alumnos se ha inclinado por la opción "porque es algo novedoso y poco usado", 36%, frente al 32% que señalan que lo que más les ha gustado es que ha aumentado su motivación. Cabe, asimismo, mencionar que el 53,8% de los alumnos considera que el holograma se forma debido a los fenómenos de la reflexión de la luz seguido del 23,1% que ha comentado la difracción, la cual interviene en los procesos

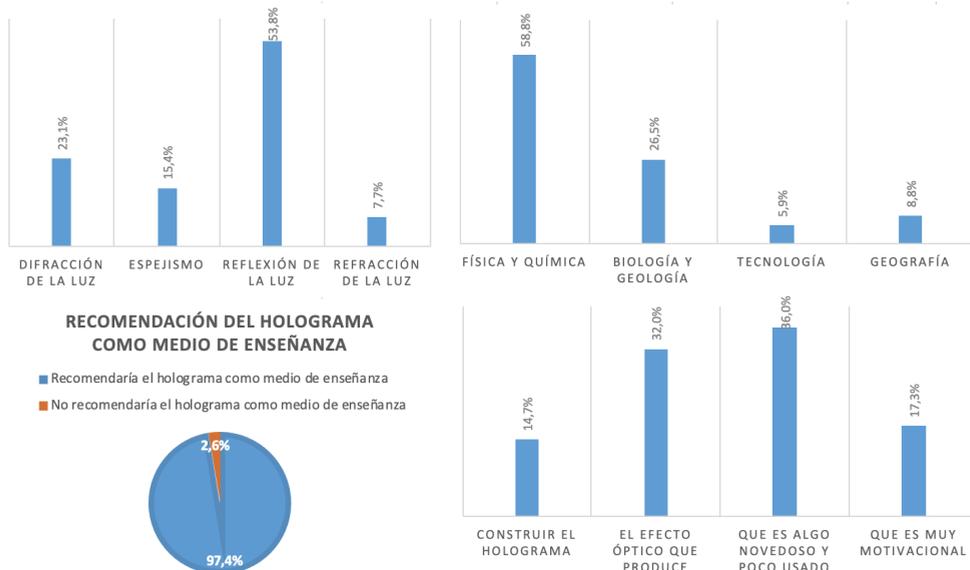


Figura 8.21: Resultados de la experiencia de usuario sobre: el conocimiento del fenómeno físico en el que se basa el holograma (arriba izquierda), su posible aplicación a otras áreas (arriba derecha), la recomendación del holograma como medio de enseñanza (abajo izquierda) y el aspecto les ha gustado más (abajo derecha).

de interferencia de ondas, lo cual nos lleva a pensar que han comprendido la fundamentación de estos fenómenos.

El valor de la media de valoración global de los ítems de escala tipo Likert ha sido 4,1 (de acuerdo) con una desviación estándar de 0,2. En la Figura 8.22 se puede ver que el ítem que mejor valoración ha tenido es que esta metodología les gusta más que la tradicional, seguido de que se han divertido aprendiendo y que sus resultados de aprendizaje han incrementado.

Estos datos de la experiencia de usuario son muy positivos ya que demuestran la potencialidad del holograma en las aulas, en este caso para el aprendizaje de los conceptos de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos.

A continuación, en la Tabla 8.4 se recogen los resultados de las correlaciones obtenidas usando el estadístico Rho de Spearman. Los números de 1 a 12 en la tabla son los enunciados de los ítems recogidos en el apartado de instrumentos de recogida de información.

Se puede observar, en la Tabla 8.4, que hay correlaciones significativas entre varios ítems a dos niveles de significación, 0,01 y 0,05. A un nivel de 0,01 se puede ver cómo el primer ítem (mis resultados de aprendizaje han aumentado) está correlacionado significativamente con los ítems 2 (me he divertido mientras aprendía), 4 (me gusta esta metodología más que la tradicional), 5 (he

Tabla 8.4: Resultados de las correlaciones entre los distintos ítems valorados con escala tipo Likert (** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral), *La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)). C.C. es coeficiente de correlación y sig. es significatividad.

item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	C.C. 1,000	,490**	-,079	,465**	,483**	,336*	,595**	,232	,139	,113	,212	,155
2	Sig. ,490**	,002	,634	,003	,002	,036	,000	,155	,398	,494	,195	,345
3	C.C. ,002	1,000	,107	,187	,039	,248	,385*	,179	,212	,331*	,396*	,512**
4	Sig. -,079	,107	1,000	,255	,815	,129	,015	,275	,194	,039	,013	,001
5	C.C. ,634	,516	-,021	,901	,013	,281	,102	-,163	,256	,289	,086	,213
6	Sig. ,465**	,187	-,021	1,000	,393*	,083	,538	,323	,115	,075	,605	,193
7	C.C. ,003	,255	,901	,013	,013	,186	,054	,078	,187	,102	-,035	,141
8	Sig. ,483**	,039	-,013	,393*	1,000	,372*	,237	,102	,255	,535	,831	,392
9	C.C. ,002	,815	,937	,013	,020	,020	,147	,535	,193	,262	,218	,246
10	Sig. ,336*	,248	,281	,216	,372*	1,000	,403*	-,143	,239	,107	,182	,132
11	C.C. ,036	,129	,083	,186	,020	,020	,011	,384	,001	,303	,060	,260
12	Sig. ,595**	,385*	,102	,311	,237	,403*	1,000	,396*	,218	,141	,089	,161
1	C.C. ,000	,015	,538	,054	,147	,011	,013	,013	,183	,393	,591	,328
2	Sig. ,232	,179	-,163	,078	,102	-,143	,396*	1,000	,172	,125	-,003	,107
3	C.C. ,155	,275	,323	,635	,535	,384	,013	,013	,294	,449	,988	,518
4	Sig. ,139	,212	,256	,187	,193	,001	,218	,172	1,000	,264	,378*	,165
5	C.C. ,398	,194	,115	,255	,239	,997	,183	,294	,264	,104	,018	,315
6	Sig. ,113	,331*	,289	,102	,262	,303	,141	,125	,264	1,000	,368*	,586**
7	C.C. ,494	,039	,075	,535	,107	,060	,393	,449	,104	,368*	,021	,000
8	Sig. ,212	,396*	,086	-,035	,218	,060	,089	-,003	,378*	,368*	1,000	,251
9	C.C. ,195	,013	,605	,831	,182	,718	,591	,988	,018	,021	,000	,123
10	Sig. ,155	,512**	,213	,141	,246	,260	,161	,107	,165	,586**	,251	1,000
11	C.C. ,345	,001	,193	,392	,132	,111	,328	,518	,315	,000	,123	,000

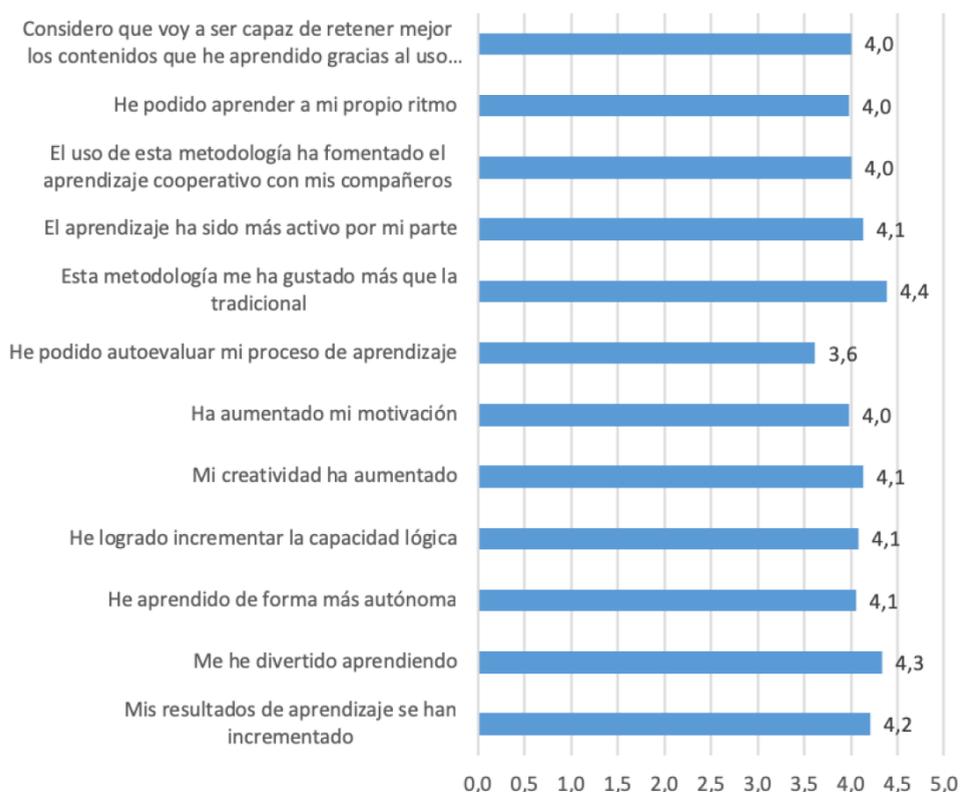


Figura 8.22: Resultados de los valores medios de los ítems de escala tipo Likert de la experiencia de usuario en el grupo experimental.

formado parte activa del proceso de aprendizaje) y 7 (mi motivación ha aumentado). Del mismo modo, se puede ver una correlación significativa entre el ítem 12 (considero que he sido capaz de retener mejor los contenidos gracias al uso de esta metodología) con los ítems 2 (me he divertido aprendiendo) y 10 (el uso de esta metodología ha fomentado el aprendizaje colaborativo).

A un nivel de significación de 0,05, se pueden apreciar varias correlaciones significativas. Por un lado, la correlación entre los ítems 4 (me gusta esta metodología más que la tradicional) y 5 (he formado parte activa del proceso de aprendizaje), del ítem 6 (he podido mejorar la capacidad lógica) con los ítems 1 (mis resultados de aprendizaje han aumentado) y 5 (he sido una parte activa del proceso de aprendizaje), del 7 (mi motivación ha aumentado) con el 2 (me he divertido aprendiendo) y el 6 (he podido mejorar la capacidad lógica), del 8 (mi creatividad ha aumentado) con el 7 (mi motivación ha aumentado), del 10 (el uso de esta metodología ha fomentado el aprendizaje colaborativo) con el 2 (me he divertido aprendiendo) y del 11 (he podido auto evaluar

mi proceso de aprendizaje) con los ítems 2 (me he divertido aprendiendo), 9 (he podido aprender a mi propio ritmo) y 10 (el uso de esta metodología ha fomentado el aprendizaje colaborativo).

Todos estos resultados corroboran que la mejora que se ha producido en el proceso de aprendizaje de los alumnos se ha visto influenciada por su motivación y la participación que han tenido en el mismo. Esto ha llevado a que fomenten su capacidad visual y su creatividad, a la par que han trabajado en grupo, desarrollando, con ello, otros valores.

8.4 Consideraciones finales

Los objetivos generales planteados en estos trabajos eran comprobar si han aumentado los resultados de aprendizaje de conceptos relacionados con la división celular, por un lado, y conceptos geométricos de áreas y volúmenes, por otro, al usar el holograma como medio de enseñanza.

Los resultados obtenidos en cada estudio en las pruebas de comparación de medias, U de Mann Whitney y T de Student, respectivamente, han demostrado que existen tales diferencias significativas a un nivel de significación del 0,05, lo cual nos permite sustentar las afirmaciones de Serra *et al.* en [142].

De forma global, ha habido una ganancia de preguntas correctas en el post-test en los alumnos que han empleado el holograma en relación a los que no lo han hecho. Aunque en determinados conceptos avanzados la ganancia no ha sido muy elevada, este hecho se considera lógico ya que es la primera vez que los alumnos han visto los conceptos y el post-test ha sido respondido tras la realización de las experiencias de aula, sin haber tenido tiempo de estudiarlos.

La información obtenida a través de los cuestionarios de la experiencia de usuario nos lleva a corroborar que el holograma ha resultado ser una herramienta altamente motivacional para los alumnos y constatar las afirmaciones comentadas por Ghuolom en [149], según las cuales, los alumnos ven el holograma como una herramienta de alto potencial en las aulas del futuro.

Uno de los motivos por los que ha aumentado el nivel de motivación de los alumnos ha sido gracias al efecto óptico que el fenómeno de la reflexión produce en la formación del holograma. Este hecho permite sustentar la afirmaciones de Lee en [145], ya que se ha captado la atención de los alumnos consiguiendo que el aprendizaje haya sido más significativo, al ser ellos quienes han construido su propio aprendizaje, además de que se han desarrollado otras capacidades derivadas del trabajo en equipo.

Asimismo, los alumnos consideran que el holograma es un medio de enseñanza y comentan que les ayuda a fomentar el aprendizaje colaborativo, activo y autónomo, ya que, aunque trabajan en equipo, aprenden por ellos mismos. Los resultados obtenidos tras el estudio de las correlaciones entre los distintos ítems de la experiencia de usuario en el estudio de los conceptos matemáticos, nos permiten llegar a la conclusión de que la mejora en el proceso de aprendizaje ha estado relacionada con la motivación y el nivel de participación. Asimismo, la motivación está relacionada con la creatividad y el desarrollo de la capacidad espacial, y el trabajo en equipo con disfrutar más de la experiencia, a la par que a retener mejor los contenidos trabajados.

Por todo lo mencionado, consideramos que el holograma es una herramienta potente para la adquisición de competencias STEM ya que se han podido trabajar diferentes conceptos científicos, los relacionados con el tema en cuestión y el concepto físico de la reflexión de la luz, desde un punto de vista práctico a través de las TIC.

Como futura línea de trabajo, pensamos en ciertas mejoras para lograr paliar aquellas dificultades encontradas en el aprendizaje de ciertos conceptos en próximas experiencias. En ambos casos, se plantea trabajar con hologramas y pantallas mayores, de forma que el efecto óptico sea más impresionante y, al poderse ver en mayor tamaño, se comprenda más fácilmente. En el caso de la división celular, proponemos hacer un vídeo común en el que se puedan ver simultáneamente la mitosis y la meiosis, de forma que los alumnos puedan comprender mejor las diferencias entre ambas. En el caso de los conceptos de áreas y volúmenes, se cambiaría el tipo de preguntas 6, 8 y 14 en el post-test, para corroborar si la dificultad es debida a la manera en la que están formuladas tales preguntas o al conocimiento aprehendido a partir del propio holograma. En tal caso, se propone trabajar con hologramas interactivos a través de la técnica "Fantasma Pepper", usando láminas semitransparentes y una interfaz de interacción con un sensor de movimiento como pueden ser Kinect[®] o Intel[®] RealSense[™].

Capítulo 9

Estudio sobre motivación y competencias STEM vinculadas a la robótica educativa

Basado en

1. [20] N. Arís, y L. Orcos. "La Robótica Educativa: competencias STEM y creatividad." *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation Vol. 2018*. Adaya Press, 2018, pág 99. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.
2. [21] N. Arís, y L. Orcos. "Campeonato Robótica Educativa: un estudio en la secundaria." *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation Vol. 2018*. Adaya Press, 2018, pág 100. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.
3. [22] N. Arís, y L. Orcos. "Educational Robotics in the stage of Secondary Education: empirical study on motivation and STEM skills." *Education Sciences* (2019), Aceptado.

La evolución de la Robótica Educativa (RE) y su aplicación en el aula de Educación Secundaria han crecido y se han consolidado en los últimos años. La robótica supone una herramienta motivacional para los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que permite trabajar de forma integrada, desarrollando varias competencias a la vez [170]. En el caso del proyecto FIRST[®] LEGO[®] League, los alumnos, además de desarrollar la competencia tecnológica a través de la programación de un robot con un *software* que ha de ir cumplimentando una serie de misiones, trabajan otras competencias, a través de los otros dos pilares del proyecto, Proyecto Científico y Proyecto de Valores, como son el trabajo en equipo, la creatividad y la búsqueda de soluciones innovadoras, entre otras. Mediante el uso de diversas destrezas, como pueden ser la resolución de problemas o la toma de decisiones, se consigue que, en su conjunto, el proyecto se considere de gran utilidad para que los alumnos puedan desarrollar esas competencias y capacidades necesarias para poder hacer frente a la sociedad en la que viven en la actualidad y vivirán en el futuro. Éstos son los motivos por los que el proyecto se engloba en la Educación STEM ya que se basa en el trabajo integrado de estas ramas de conocimiento que están tan relacionadas entre sí. El desarrollo de estos proyectos toma mayor importancia en los centros educativos y son cada vez más los docentes que quieren que sus alumnos participen en este tipo de actividades organizadas o campeonatos. En este contexto, y con la aparición de campeonatos de los LEGO[®] Mindstorms[®], surge el interés por investigar su impacto en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este capítulo recoge los resultados de las valoraciones y percepciones de alumnos y docentes de distintas comunidades autónomas del territorio español que participaron en el torneo de FIRST[®] LEGO[®] League en el curso escolar 2017-2018.

Los resultados de esta investigación han sido enviados a una revista de prestigio en el área y están en proceso de evaluación para su publicación. Además, se han presentado las siguientes aportaciones vinculadas con la justificación teórica de la investigación en [20, 21] y la parte práctica en [22].

9.1 Aplicación didáctica de la RE para el desarrollo de las competencias STEM

Para situar la RE debemos remontarnos a finales de los años sesenta en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). La empresa LEGO[®], creó el primer *software* de programación para niños, LOGO[®], y fue pionera en la construcción de robots didácticos que daban la posibilidad a los niños de interactuar con ellos. En los últimos 30 años, la RE ha ido introduciéndose con fuerza en la realidad educativa [171]. A partir de los años 80, su difusión y popularización llevó a incluirlos dentro de actividades en la escuelas por medio de diferentes proyectos [172].

El concepto de RE implica un enfoque integrado, considerando la complementariedad entre diferentes áreas y campos. Su finalidad es potenciar el interés y la curiosidad científica, a la vez que conseguir impulsar una serie de habilidades tales como la iniciativa, la responsabilidad, la autonomía, la creatividad, el trabajo en equipo, etc. Asimismo, hay estudios como el de Kandlhofer y Steinbauber en [173] que constatan un logro elevado en habilidades sociales y autoestima de los alumnos, todo ello, revertiendo en una mayor motivación e implicación global por su parte.

La temática de la RE está siendo objeto de amplias investigaciones que establecen la relevancia y potencialidad de la misma. En la sociedad actual, el dominio de las tecnologías es imprescindible y requiere, además, que las personas desarrollen la capacidad de pensar y actuar de forma creativa [172]. Cabe destacar que instituciones como el MIT o la Universidad de Stanford, siguen investigando en cómo implementar la tecnología en el aula. También son objeto de investigación la proyección e impacto de los LEGO[®] Mindstorm[®] (línea de RE), Scratch[®] (software educativo) o FabLab[®] (laboratorios tecnológicos de fabricación).

Desde un punto de vista de la concepción didáctica, cabe considerar que la RE está concebida como un medio para la creación y la acción [31]. El planteamiento se basa en que el alumno sea capaz de desarrollar lenguajes digitales, en este caso computacionales, afianzado a su vez las competencias clave. El hecho de aprender a programar, influye positivamente en la mejora de las destrezas de resolución de problemas y, por lo tanto, en la autonomía personal, en base al enfoque constructivista en el que el alumno es el centro del aprendizaje [174]. Las actividades con RE precisan trabajar en grupo, por lo que a su vez se está potenciando el trabajo colaborativo. Asimismo, se generan niveles de motivación elevados que favorecen el aprendizaje significativo [32].

El uso de la RE propicia que los alumnos aprendan a programar a la vez que resuelven problemas y desarrollan un pensamiento, tanto lógico como analítico, de la percepción espacio-temporal que les permita mejorar la orientación espacial, además de otras destrezas como elaborar hipótesis [175] ya que el planteamiento de retos hace que les generen conflictos cognitivos para los cuales tienen que buscar una solución. Esto es lo que alberga el pensamiento computacional que implica que el alumno sea capaz de hacer análisis tanto ascendentes como descendentes, de ser creativos y de desarrollar un pensamiento divergente-abstracto [176].

Asimismo, resulta interesante comentar el modelo teórico de Mishra y Koehler en [177] denominado TPCK, "*Technological Pedagogical Content Knowledge*" (Conocimiento Pedagógico del Contenido Tecnológico). Dicho modelo se articula en base a tres tipos de conocimiento diferenciados: Contenido, Pedagogía y Tecnología. A partir de las bases teóricas del TPCK, podemos dividir la integración en Teórica, Pedagógica y Metodológica. El TPCK permite avanzar en nuevas maneras de abordar la ciencia, buscando y potenciado modelos docentes a partir de la tecnología. En este sentido, la RE se integra perfectamente en lo que supone el modelo TPCK, ya que favorece el desarrollo del pensamiento computacional.

En este contexto, también es preciso considerar la metodología STEM. Esta metodología surge en los años 90, elaborada por la *National Science Foundation*, en Estados Unidos, y pretende que el alumno aprenda de manera simultánea e integrada los conceptos relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas [31]. A la metodología STEM, Yakman en [32] le añade la "A" de Arte, resultando en STEAM. Es un verdadero enfoque integrado y globalizador [32] que tiene como objetivos básicos "integrar el arte y diseño en la formación científica, apoyar la integración del arte y diseño en la educación escolar e influir en las empresas para que contraten a artistas y diseñadores para proyectos de innovación" [32, pág. 13].

Tal como comentan Bazylev, Marguna, Zimenkoa, Kremleva y Rukujzhaa en [178], las iniciativas de proyectos de RE en las aulas son cruciales para desarrollar mecanismos de motivación hacia

el aprendizaje que hagan, asimismo, que los alumnos sean capaces de desarrollar habilidades de liderazgo.

El aumento de la RE y la educación STEM, implementando kits de robótica como los de las marcas BQ®, LEGO® Mindstorms® Education, Robotics KidsLab®, entre otras, se perfilan como muy óptimos para potenciar un aprendizaje activo, vivencial, experimental y práctico [179].

Tal y como comenta Odorico en [180], el uso de la robótica con fines educativos fue desarrollada con la perspectiva de acercamiento a la solución de problemas, ya que los alumnos pasan la mayor parte del tiempo simulando fenómenos y construyendo prototipos. Por todo ello, entendemos que la aplicación de la RE y la educación STEM permiten que el alumno sea el protagonista de su propio aprendizaje y desarrolle todas sus potencialidades, así como su creatividad y la capacidad de ser emprendedor.

9.2 LEGO® Mindstorms®

Originalmente LEGO® Group fue fundado por Ole Kirk Kristiansen en el año 1932 y la compañía ha pasado de generación en generación. LEGO® Mindstorms® nace en 1998 como un conjunto de herramientas de construcción y programación teniendo una gran proyección con su base en la metodología desarrollada por Mitchel Resnick para la enseñanza de sistemas dinámicos complejos.

La Robotics Invention System® ha potenciado la imaginación de generaciones de aficionados a LEGO® y la robótica, llegando al desarrollo de una comunidad global de usuarios y estudiantes de todas las edades. En 1986 aparece el primer ordenador capaz de controlar productos LEGO®. En 1988, el LEGO® Group, en colaboración con el MIT, desarrollaron el “*intelligent brick*” que condujo a creaciones LEGO® a través de la programación de computadoras. Posteriormente, en 1998, el Robotics Invention System® se lanzó simultáneamente en Estados Unidos y en Reino Unido.

También en ese año, el propietario de LEGO® Group, Kjeld Kirk Kristiansen y el famoso inventor Dean Kamen de FIRST® (*For Inspiration and Recognition of Science and Technology*) lanzaron la FIRST® LEGO® League. Se trata de una competición de robótica para estudiantes de Educación Primaria y Educación Secundaria que introducen LEGO® Mindstorms® en concursos que pasan por fases regionales, nacionales e internacionales. En el museo de Ciencia e Industria de Chicago se realizó un primer torneo piloto con 200 equipos de estudiantes. En 2005 tuvo lugar el primer campeonato mundial FIRST® LEGO® League en Atlanta. Su proyección e interés en la comunidad educativa llevó en 2007 a una contribución que superó los 100.000 participantes. Por último, en 2009 surge la plataforma LEGO® Mindstorms® NXT 2.0 y en 2013 aparece LEGO® Mindstorms® EV3.

Encontramos tres grandes campeonatos dentro del mundo de los LEGO® Mindstorms®:

- FIRST® LEGO® League es un campeonato internacional que tiene como fin que los alumnos se sientan motivados por las materias STEM. El desafío consiste en diseñar, construir, probar y programar un robot, utilizando la tecnología LEGO® Mindstorms®, que responda a un desafío real planteado a los concursantes. Cada año se centra en un

tema distinto de ciencia o tecnología. El objetivo es que los alumnos muestren su interés en aspectos científicos y tecnológicos, ya que una de las partes del campeonato se basa en la realización de un Proyecto Científico relacionado con la temática propuesta cada año. Este tiene sus bases en el aprendizaje basado en proyectos, de forma que el alumno construye su aprendizaje de forma transversal y multidisciplinar mejorando la interacción entre los conocimientos [181]. Otro de sus aspectos fundamentales es el trabajo cooperativo, de forma que el alumno aprende y comparte de manera amistosa, permitiendo que se desarrolle el tercer pilar del proyecto, el Proyecto de Valores.

- World Robot Olympiad[®] es una competición internacional en la que en cada año se proponen retos distintos y los participantes deben construir un robot en base a lo que más les guste. Los robots que participan en esta competición deben estar contruidos con material LEGO[®].
- Campeonato Robotix[®] es una actividad que motiva y alienta a los jóvenes mientras descubren y se divierten aprendiendo las asignaturas STEM. Se apuesta por la exitosa plataforma de robótica educativa para niños con LEGO[®] Mindstorm[®].

La competición de robótica FIRST[®] LEGO[®] League abre su participación a aquellos alumnos que así lo deseen [31]. Ello supone una buena dosis de motivación extrínseca adicional para los estudiantes, a la vez que se potencian sus habilidades de trabajo en equipo [175]. En España, este campeonato se celebra desde el año 2006. Es la competición internacional más relevante para escolares del mundo, con la participación de más de 70 países. La finalidad es impulsar las vocaciones STEM mediante la innovación, la creatividad y el trabajo en equipo [182]. Además, ofrece la posibilidad de una mayor integración de alumnos con intereses y capacidades diferentes y variadas. A aquellos que se clasifican para la fase mundial, se les pedirá que presenten y defiendan sus proyectos en inglés respondiendo a preguntas ante un jurado internacional.

Desde el punto de vista de los docentes, tal y como comentan Ma y Williams en [183], hay que instar a los niños a participar en los proyectos de RE, a pesar de que no tengan intención de seguir sus estudios hacia las ciencias o la ingeniería, ya que son muchas otras las destrezas que se desarrollan.

9.3 Descripción de la experiencia

En esta sección se describe la investigación llevada a cabo sobre las valoraciones de alumnos y docentes en relación al proyecto integrador de Robótica Educativa. Nos proponemos explorar las impresiones de los alumnos y profesores que han participado en el torneo de FIRST[®] LEGO[®] League en el curso escolar 2017-2018 y poder constatar si la experiencia ha respondido a sus expectativas y su valoración sobre la RE como recurso didáctico.

9.3.1 Objetivos

Los objetivos que nos proponemos con este estudio se concretan en:

- Explorar las percepciones de alumnos que han participado en el campeonato de RE FIRST[®] LEGO[®] League en el curso 2017/2018, sobre las variables de estudio relacionadas con el nivel de implicación y de esfuerzo, el grado de participación, la motivación, la mejora en el proceso de aprendizaje y el trabajo en equipo.
- Explorar las percepciones de profesores que han participado en el campeonato de RE FIRST[®] LEGO[®] League en el curso 2017/2018, en especial en relación a lo que el desarrollo del proyecto ha supuesto para el proceso de aprendizaje de los alumnos, el desarrollo de competencias STEM, su nivel de motivación y trabajo en equipo.
- Relacionar los resultados obtenidos por parte de los alumnos y los docentes.

9.3.2 Metodología

Participantes y organización del proyecto

La muestra está constituida por un total de 158 alumnos, de la etapa de Educación Secundaria y de 61 profesores de centros educativos de que participaron en los torneos de FIRST LEGO[®] League en el curso 2017-2018. Estos centros educativos están localizados en las provincias de Barcelona, Burgos, Cádiz, Granada, La Coruña, La Rioja, Madrid, Mallorca, Palencia, Sevilla y Tenerife.

De los 158 alumnos, el 57,6% eran chicos y el 44,3% chicas, 98 eran de tercer curso, 52 de cuarto curso y 8 de segundo curso de Educación Secundaria. El 81% de los alumnos, comentan que a la hora de desarrollar el proyecto, tuvieron el mismo nivel de participación en los tres pilares (Proyecto Científico, Proyecto de Valores y Robótica) frente el 19% que comentan que se repartieron el trabajo, trabajando solo sobre un pilar, principalmente por cuestión de tiempo. De los 61 docentes que han participado, el 57,4% eran hombres y el 42,6% mujeres. El 47,5% de ellos imparten clase en la asignatura de tecnología y el resto en asignaturas de ciencias, matemáticas e informática. El 56% de los docentes tenía conocimientos previos de programación.

En cuanto a la organización del proyecto, los docentes y los alumnos invirtieron alrededor de 5 horas semanales durante un periodo que variaba entre las 12 y 20 semanas. El 52% de los docentes desarrolló el proyecto en horario lectivo y el 48% en horario extraescolar.

Diseño de la investigación

Planteamos un estudio pre-experimental, descriptivo y correlativo y de corte transversal para obtener información sobre el fenómeno objeto de estudio en un determinado momento, en este caso justo después de finalizar el torneo. A tal efecto, se han creado cuestionarios, con el fin de explorar la relación entre las impresiones del alumnado y de los profesores, sobre el grado de implicación, la experiencia de participación, las dificultades, etc. Al finalizar el torneo se pidió a alumnos y profesores que respondieran a dichos cuestionarios para recoger sus percepciones y valoraciones.

Instrumentos de recogida de información

Los datos se recogieron a través de dos cuestionarios, uno dirigido a alumnos y otro a profesores. El primero de ellos, dirigido a los alumnos, recoge diferentes aspectos relativos al nivel de implicación y de esfuerzo, el grado de participación, la motivación, la mejora en el proceso de aprendizaje y el trabajo en equipo. El alumno debía autoevaluarse en función de los mencionados ítems en una escala Likert del 1 al 5 (siendo el 1 nada y 5 muchísimo). Los ítems del cuestionario de los alumnos son:

1. ¿Cuál es tu grado de motivación general por el proyecto?
2. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a mejorar el compañerismo?
3. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tolerancia hacia las opiniones de los demás?
4. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a adquirir conocimientos informáticos?
5. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tu creatividad?
6. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a la búsqueda de soluciones ante un problema?
7. ¿En qué grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tu motivación por el aprendizaje?
8. ¿En qué grado consideras la robótica útil para tu futuro profesional?
9. ¿En qué grado crees que la robótica es adecuada para interrelacionar contenidos curriculares?

En relación al cuestionario de los docentes, cada uno, de manera anónima, evaluó una serie de afirmaciones, de nuevo con una escala tipo Likert 1 al 5, sobre lo que el desarrollo del proyecto ha aportado a los alumnos en términos de trabajo en equipo, desarrollo de competencias STEM y rendimiento académico. Los ítems que configuran este cuestionario del profesorado son:

1. ¿En qué grado valoras el nivel de autonomía de los alumnos en el uso del software?
2. ¿En qué grado consideras que la robótica ha ayudado a adquirir conocimientos informáticos a los alumnos?

3. ¿En qué grado crees que el proyecto ha ayudado a la creatividad de los alumnos?
4. ¿En qué grado crees que el proyecto ha ayudado a la motivación de los alumnos por el aprendizaje?
5. ¿En qué grado consideras que el proyecto ha ayudado a fomentar la búsqueda de soluciones ante un problema en los alumnos?
6. ¿En qué grado el proyecto ha ayudado a trabajar competencias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) de forma integrada?

Análisis de datos

En primer lugar, se ha realizado un estudio descriptivo de los datos proporcionados por los distintos ítems de los cuestionarios. Se han calculado los porcentajes de respuestas de la escala (1 al 5) para cada ítem, con el fin de valorar las distintas variables de estudio, tanto desde el punto de vista de los docentes como de los alumnos.

Por otro lado, se ha llevado a cabo un estudio de las correlaciones entre los distintos ítems, también para docentes y alumnos. El estadístico que se ha empleado, dada la naturaleza de las variables y que no estamos bajo supuestos paramétricos, ha sido el coeficiente de correlación Rho de Spearman. Los datos se han analizado con el paquete estadístico SPSS y se ha establecido la premisa "no hay correlación" como hipótesis nula, H_0 , a dos niveles de significación 0,01 y 0,05. Si el nivel de significación obtenido tras el análisis resultase menor que tales valores, se puede rechazar la hipótesis nula y afirmar que existe correlación entre los ítems.

9.4 Resultados y discusión

9.4.1 Análisis descriptivo de los resultados

A continuación se presenta una valoración descriptiva de la información extraída del análisis de las respuestas a los ítems del cuestionario de los docentes en el proyecto, seguida de la valoración por parte de los alumnos.

En relación a los profesores, se trata de conocer lo que consideran que el proyecto ha aportado al aprendizaje de los alumnos, así como las propias opiniones de éstos. Además, se recogen datos de las principales dificultades que muestran los estudiantes desde el punto de vista de los docentes. En relación a la motivación de los docentes por formar parte del proyecto, los resultados de la Figura 9.1 muestran que consideran que supone una gran motivación para los alumnos (31,1%), que integra ciencia y tecnología (29,9%) y que les será gran utilidad para el futuro (21,3%).

En la Tabla 9.1 se recogen los datos de los valores medios para los ítems del cuestionario de los docentes.

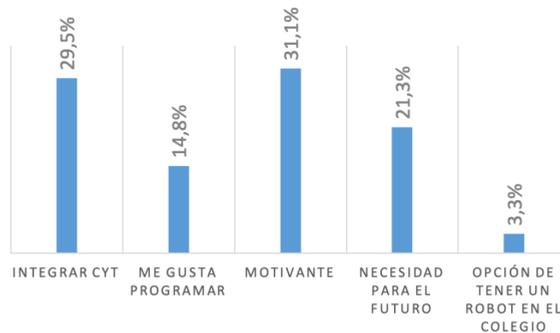


Figura 9.1: Porcentajes de motivación de los docentes para formar parte del proyecto.

Tabla 9.1: Valores medios de los ítems del cuestionario de los docentes.

Ítem	Valor medio
Grado de autonomía de los alumnos en el uso del software	3,787
Grado en el que la robótica ha ayudado a adquirir conocimientos informáticos a los alumnos	3,574
Grado en el que el proyecto ha ayudado a la creatividad de los alumnos	4,098
Grado en el que el proyecto ha ayudado a la motivación de los alumnos por el aprendizaje	3,967
Grado en el que el proyecto ha ayudado a fomentar la búsqueda de soluciones ante un problema en los alumnos	4,115
Grado en el que el proyecto ha ayudado a trabajar competencias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) de forma integrada	4,213
Valoración media global	3,959

A la luz de los resultados, se constata que los docentes han valorado de forma muy positiva todos los ítems del cuestionario, con un valor medio de 3,959, casi 4 (mucho). El mejor puntuado ha sido el que tiene que ver con la integración curricular que el proyecto ha supuesto, de forma que se han trabajado competencias STEM.

Por otro lado, en la Figura 9.2 se recogen los datos de los porcentajes de respuesta de cada nivel de la escala para cada uno de los ítems.

Tal y como se puede observar, más del 40% de los docentes ha valorado la mayor la parte de los ítems con un nivel 4 de la escala Likert (mucho). De forma general, se puede decir que el proyecto

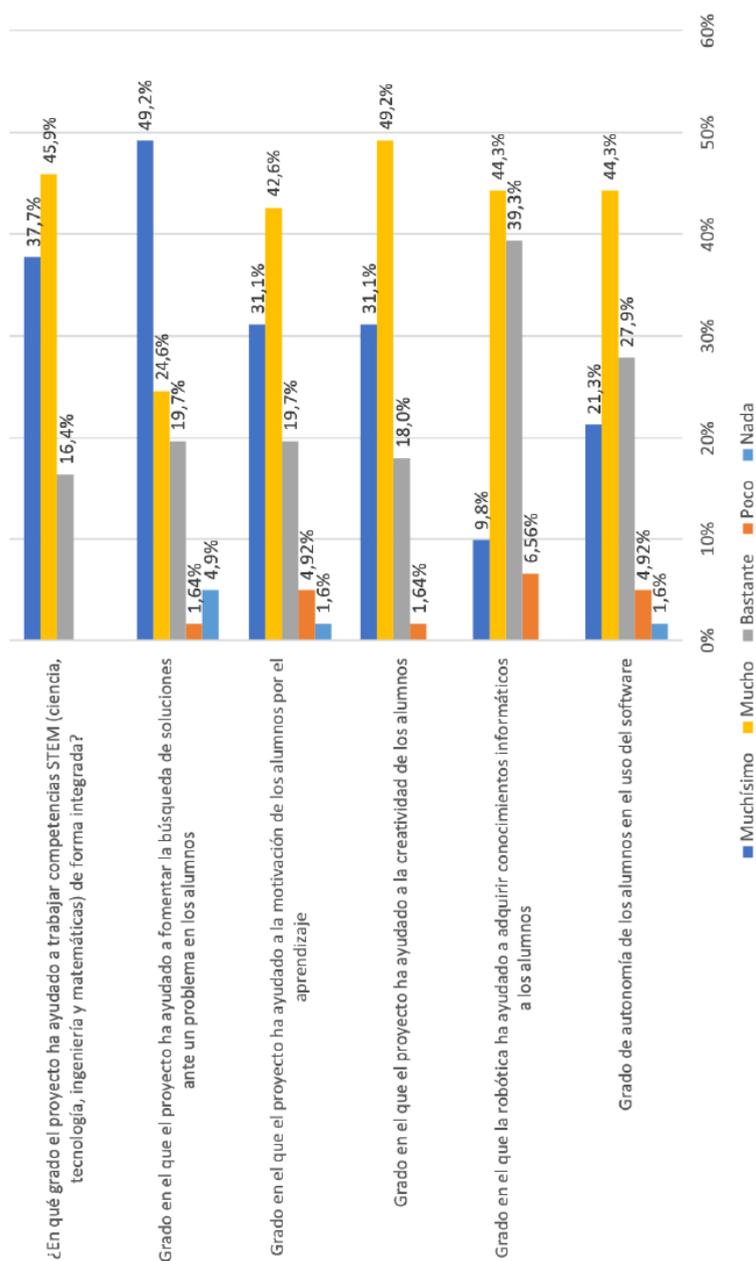


Figura 9.2: Porcentajes de valoración, por parte de los docentes, de los aspectos desarrollados por los alumnos en el proyecto.

ha ayudado a que los alumnos sean capaces de integrar competencias STEM, aumentando su motivación, creatividad y conocimientos informáticos.

Queremos destacar que casi el 50% de los docentes ha valorado el ítem 2, relacionado con lo que el proyecto ha ayudado en la búsqueda de soluciones ante un problema, con un 5 en la escala Likert (muchísimo). Este resultado se considera muy positivo, ya que una de las misiones de la RE es desarrollar en los alumnos tanto las competencias STEM, como la toma de decisiones y la búsqueda de soluciones ante los problemas, ya que se considera que son destrezas que todo ser humano debe desarrollar.

Los datos obtenidos de los valores medios de los ítems del cuestionario de los alumnos se presentan en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2: Valores medios de los ítems del cuestionario de los alumnos.

Ítems	Valor medio
Grado de motivación general por el proyecto	4,348
Grado te ha ayudado el proyecto a mejorar el compañerismo	4,044
Grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tolerancia hacia las opiniones de los demás	3,987
Grado te ha ayudado el proyecto a adquirir conocimientos informáticos	3,975
Grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tu creatividad	3,842
Grado te ha ayudado el proyecto a la búsqueda de soluciones ante un problema	3,867
Grado te ha ayudado el proyecto a mejorar tu motivación por el aprendizaje	3,918
Grado en el que consideras la robótica útil para tu futuro profesional	4,051
Grado en el que la robótica es adecuada para inter relacionar distintos contenidos curriculares	4,228
Valoración media global	4,029

Los resultados de la Tabla 9.2 son muy positivos. La valoración de los ítems por parte de los alumnos ha sido 4,029 (mucho), siendo los mejor valorados la motivación (4,348) y el hecho de que ayuda a integrar contenidos curriculares (4,228).

En la Figura 9.3, se recogen los datos de los porcentajes de cada nivel obtenidos en cada ítem. El ítem más valorado por la mayoría de los alumnos, con un 58,9% de votación, es que el proyecto les ha servido para integrar diversos contenidos curriculares, aspecto con el que los docentes también estaban de acuerdo, lo que nos lleva a pensar en la potencialidad de la Robótica Educativa para el desarrollo de las competencias STEM.

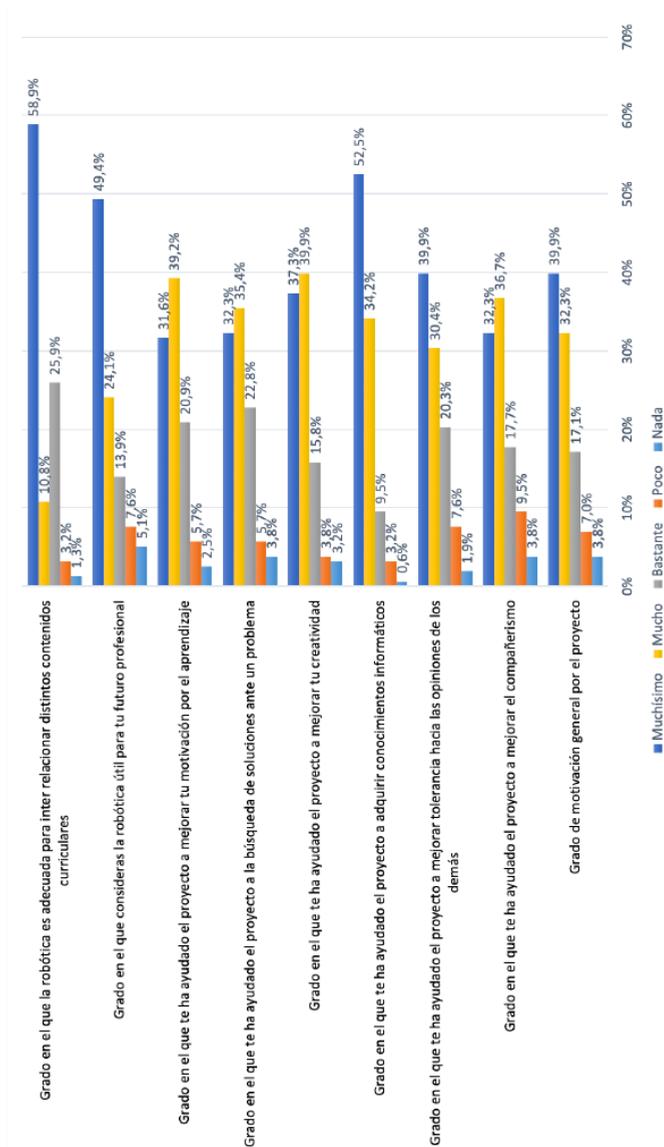


Figura 9.3: Porcentajes de valoración de los aspectos desarrollados en el proyecto por parte de los alumnos.

En relación a lo que el proyecto ha ayudado a los alumnos a potenciar la búsqueda de soluciones, tal y como se han comentado anteriormente, casi el 50% de los docentes lo valoraron con un 5 en la escala Likert y un 24,6% con un 4. En el caso de los alumnos, tal y como queda recogido en la Figura 9.3, el porcentaje de valoraciones de los niveles 5 y 4 es similar (32,3% y 35,4% respectivamente), pero el total acumulativo es similar al global de lo que han puntuado los docentes. Estos resultados son muy interesantes, ya que nos ayudan a evidenciar que, tanto docentes como alumnos, consideran que el uso de la RE, en consonancia con el trabajo por proyectos de investigación, ayuda a que los alumnos desarrollen una destreza tan fundamental como es la búsqueda de soluciones ante un problema.

El siguiente ítem que más han valorado los alumnos es que el uso de la Robótica Educativa les ha ayudado a adquirir conocimientos informáticos, con un 52,5% de alumnos que ha votado con un 5 en la escala, aspecto que no era tan bien valorado por los docentes. Por otro lado, comentar que el 49,4% consideran que la robótica es muy útil para su futuro profesional.

En la Figura 9.4 se recogen los porcentajes de valoraciones de las partes más motivantes para los alumnos, tanto desde el punto de vista de los docentes como por ellos mismos.

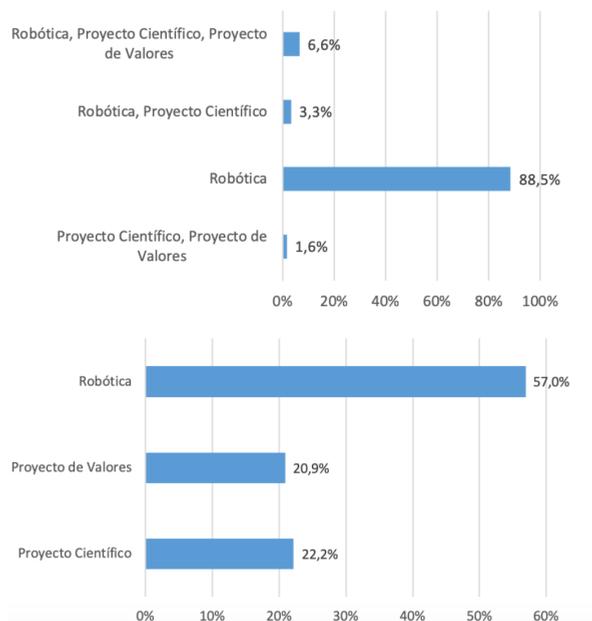


Figura 9.4: Porcentajes de valoración del grado de motivación en cada parte del proyecto de los docentes (arriba) y alumnos (abajo).

Tal y como se puede observar en la Figura 9.4, todos coinciden en que la robótica es la parte más motivacional para los alumnos y seguramente la que ha hecho que quieran formar parte del proyecto. Sin embargo, mientras la opinión es más generalizada en los docentes con un

88,5% de valoraciones, un 43% de los alumnos ha votado el Proyecto Científico o el Proyecto de Valores en vez de robótica. Esto nos lleva a pensar que los docentes consideran que lo que más influye en que los alumnos quieran formar parte del proyecto es la robótica, pero los alumnos también han disfrutado con las otras partes del proyecto, dándole un sentido muy importante a su enfoque globalizador. Cabe, asimismo, mencionar que el 86,1% de los alumnos respondieron que les gustaría que la RE fuera una asignatura integrada en el currículo. En este sentido, comentar que el Ministerio de Educación Cultura y Deporte, presentó en enero de 2018 el informe de "Programación, Robótica y Pensamiento computacional en el aula" donde destacaba las Comunidades Autónomas en las que se han introducido asignaturas o contenidos curriculares de Robótica [184].

En la Figura 9.5 se recogen las principales dificultades que han tenido los alumnos a la hora de llevar a cabo el proyecto desde el punto de vista de los docentes y en la Figura 9.6 desde su propio punto de vista.

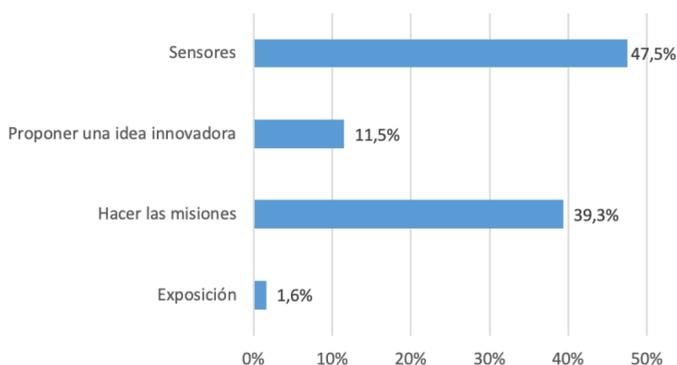


Figura 9.5: Porcentajes de valoración de los docentes sobre las dificultades de los alumnos en el proyecto.

Tal y como se puede observar en la Figura 9.5 y la Figura 9.6, la mayor parte de los profesores consideran que el mayor nivel de dificultad tiene que ver con la parte de robótica, en especial con el uso de los sensores de luz, color, etc., con un 47,51% de valoración, y con el desarrollo de las misiones que ha de hacer el robot, con un 39,31%. Otros aspectos que han comentado, en relación a la dificultad por parte de los alumnos, son proponer una idea innovadora, como solución al problema que plantea el Proyecto Científico y enfrentarse a la exposición delante de un jurado el día de la competición. Los resultados de los alumnos permiten constatar que todas las dificultades están relacionadas con la parte de Robótica, siendo, al igual que para los docentes, los sensores y el desarrollo de las misiones, las partes en las que los alumnos consideran que han tenido mayor nivel de dificultad.

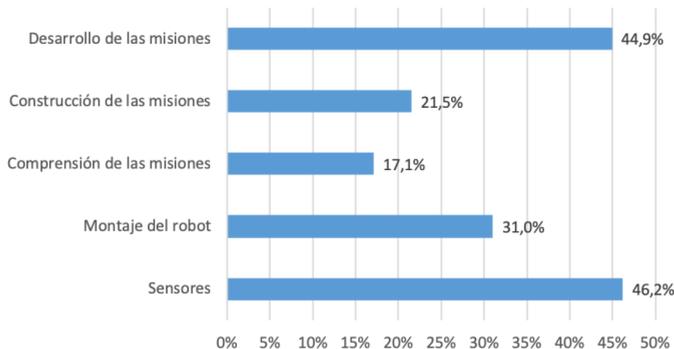


Figura 9.6: Porcentajes de valoración de los alumnos sobre sus propias dificultades en el proyecto.

9.4.2 Análisis de las correlaciones entre los distintos ítems del cuestionario

Por otro lado, se analizó la relación entre los distintos ítems del cuestionario, tanto en el de los docentes como en el de los alumnos, a través del estudio de las correlaciones, empleando el estadístico Rho de Spearman debido a la naturaleza ordinal de las variables. Los resultados de las correlaciones de los ítems valorados en el cuestionario de los docentes se recogen en la Tabla 9.3. Los números corresponden a los ítems recogidos en el apartado de instrumentos de recogida e información.

Los resultados de la Tabla 9.3 muestran que hay una correlación entre distintos ítems a los dos niveles de significación, 0,01 y 0,05. A nivel 0,01, que es en el que se obtienen valores de coeficientes de correlación más elevados y por lo tanto el que más información puede aportar, se puede observar que el ítem 2 (adquirir conocimientos informáticos) está correlacionado de forma significativa con los ítems 3 (creatividad), 4 (motivación), 5 (búsqueda de soluciones) y 6 (trabajo de competencias STEM). El ítem 3 (creatividad), además, está correlacionado con los ítems 4 (motivación), 5 (búsqueda de soluciones) y 6 (trabajar competencias STEM), y el ítem 5 (búsqueda de soluciones) también lo está con los ítems 4 (motivación) y 6 (trabajar competencias STEM).

Se establece una relación directa entre la RE, motivación, la creatividad y el trabajo autónomo. Podemos inferir que la RE genera una alta motivación en los alumnos y que, la autonomía en la toma de decisiones, ayuda a fomentar las condiciones apropiadas para la creatividad. Del mismo modo, el hecho de mejorar sus conocimientos informáticos aporta en ellos la percepción de haber aumentado su autonomía.

Los resultados de las correlaciones con el estadístico Rho de Spearman de los ítems valorados en el cuestionario de los alumnos se recogen en la Tabla 9.4.

Tabla 9.3: Resultados de la prueba de correlación entre los distintos ítems del cuestionario de los docentes (**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas) *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)). C.C. representa Coeficiente de Correlación y Sig. representa la significatividad.

Ítem		1	2	3	4	5	6
1	C.C.	1,000	,278*	,295*	,142	,107	,288*
	Sig.	.	,030	,021	,276	,413	,024
2	C.C.	,278*	1,000	,564**	,456**	,360**	,374**
	Sig.	,030	.	,000	,000	,004	,003
3	C.C.	,295*	,564**	1,000	,604**	,520**	,356**
	Sig.	,021	,000	.	,000	,000	,005
4	C.C.	,142	,456**	,604**	1,000	,540**	,225
	Sig.	,276	,000	,000	.	,000	,081
5	C.. C.	,107	,360**	,520**	,540**	1,000	,391**
	Sig.	,413	,004	,000	,000	.	,002
6	C.C.	,288*	,374**	,356**	,225	,391**	1,000
	Sig.	,024	,003	,005	,081	,002	.

Tabla 9.4: Resultados de la prueba de correlación entre los distintos ítems del cuestionario de los alumnos (**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas) *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)). Í. representa ítem, C.C. representa Coeficiente de Correlación y Sig. representa la significatividad.

Í.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C.C.	1,000	,306**	,242**	,004	-,084	,008	-,131	-,079	-,188*
	Sig.	.	,000	,002	,963	,294	,925	,100	,327	,018
2	C.C.	,306**	1,000	,483**	-,077	-,151	-,074	-,120	-,148	-,172*
	Sig.	,000	.	,000	,339	,058	,356	,132	,063	,031
3	C.C.	,242**	,483**	1,000	,038	,023	-,043	-,033	-,005	-,045
	Sig.	,002	,000	.	,639	,771	,588	,677	,947	,577
4	C.C.	,004	-,077	,038	1,000	,355**	,364**	,412**	,350**	,264**
	Sig.	,963	,339	,639	.	,000	,000	,000	,000	,001
5	C.C.	-,084	-,151	,023	,355**	1,000	,383**	,540**	,243**	,256**
	Sig.	,294	,058	,771	,000	.	,000	,000	,002	,001
6	C.C.	,008	-,074	-,043	,364**	,383**	1,000	,501**	,164*	,168*
	Sig.	,925	,356	,588	,000	,000	.	,000	,040	,035
7	C.C.	-,131	-,120	-,033	,412**	,540**	,501**	1,000	,231**	,309**
	Sig.	,100	,132	,677	,000	,000	,000	.	,003	,000
8	C.C.	-,079	-,148	-,005	,350**	,243**	,164*	,231**	1,000	,337**
	Sig.	,327	,063	,947	,000	,002	,040	,003	.	,000
9	C.C.	-,188*	-,172*	-,045	,264**	,256**	,168*	,309**	,337**	1,000
	Sig.	,018	,031	,577	,001	,001	,035	,000	,000	.

Los resultados de la Tabla 9.4 muestran las correlaciones a los niveles de significación del 0,01 y del 0,05. A nivel 0,01, que es en el que se obtienen valores de coeficientes de correlación más ele-

vados y por lo tanto el que más información puede aportar, se puede ver cómo hay una correlación significativa entre el ítem 1 (motivación general) y los ítems 2 (compañerismo) y 3 (tolerancia), estando estos dos últimos también correlacionados entre sí. El ítem 4 (conocimientos informáticos) está correlacionado con los ítems 5 (creatividad) y 6 (búsqueda de soluciones), los cuales también están correlacionados significativamente. El ítem 7 (motivación por el aprendizaje) está correlacionado con los ítems 4 (conocimientos informáticos), 5 (creatividad) y 6 (búsqueda de soluciones), el ítem 8 (utilidad de la robótica para el futuro profesional) con los ítems 4 (conocimientos informáticos), 5 (creatividad) y 7 (motivación hacia el aprendizaje) y el 9 (relacionar distintos contenidos curriculares) con el 4 (conocimientos informáticos), 5 (creatividad), 7 (motivación por el aprendizaje) y 8 (utilidad de la robótica para el futuro profesional).

Estos resultados permiten demostrar el alto potencial de la RE en las aulas desde el punto de vista del alumnado. Se establece que el hecho de trabajar en equipo se relaciona con una mayor interacción con los demás y con la posibilidad de aumentar habilidades sociales, como la tolerancia y el compañerismo. También se constata que, el hecho de trabajar con un *software* informático, ha permitido a los alumnos la búsqueda de soluciones, relacionando los contenidos curriculares de una manera integradora y creativa. El proyecto de RE es, en sí mismo, el factor globalizador de las diferentes áreas del currículum, por lo que consideramos que enlaza directamente con el logro competencial STEM.

9.5 Consideraciones finales

Dado que es una primera experiencia, y que este estudio está en su fase inicial, en el presente estudio se consideran los datos aportados por los cuestionarios de una manera exploratoria, si bien somos optimistas pues los resultados obtenidos constatan la efectividad del proyecto integrador de Robótica Educativa.

En cuanto al logro de los objetivos que nos proponíamos al comienzo de nuestro estudio, podemos concluir han sido alcanzados a través del estudio estadístico llevado a cabo. Tanto los alumnos como los docentes han valorado muy positivamente el proyecto, sobre todo su enfoque integrador.

En particular, en referencia a las percepciones del profesorado, se establece que consideran que participar en el proyecto ha ayudado a que los alumnos sean capaces de integrar ciencia y tecnología, aumentando su motivación, creatividad y conocimientos informáticos. Se percibe la RE como muy favorable para el aprendizaje de los alumnos y en concreto, con el logro de las competencias STEM. Los resultados son muy positivos y permiten concluir que la RE genera una alta motivación en los alumnos. Asimismo, la autonomía en la toma de decisiones fomenta que esos alumnos estén en las condiciones apropiadas para desarrollar la creatividad y el trabajo autónomo.

En relación a las percepciones de los alumnos, se concluye con una valoración muy positiva de la robótica en el torneo FIRST[®] LEGO[®] League. Los alumnos tienen la oportunidad de desarrollar su competencia tecnológica a través de la programación de un robot a la vez que potencian otras competencias a través de los otros dos pilares, el Proyecto Científico y el Proyecto de Valores, fomentando el trabajo transversal y por lo tanto verificando los supuestos de Alcober, Ruiz y Valero en [181].

También queda establecido que el hecho de trabajar en equipo en el proyecto de RE, les ha ayudado a fomentar sus habilidades sociales, dimensiones propias del Proyecto de Valores. Por último, esta experiencia deja una huella muy positiva en los alumnos, que valoran la importancia de la robótica en su próximo futuro profesional.

El estudio de las correlaciones entre los distintos ítems, ha reportado resultados muy interesantes, ya que muestran la relación que hay entre el uso de la RE, la motivación, la creatividad y el trabajo autónomo, el cual también les ayuda en la toma de decisiones y el desarrollo de habilidades sociales, todo ello nos permite corroborar las aportaciones de Kandlhofer y Steinbauber en [173].

Las destrezas comentadas se han visto desarrolladas en todos los alumnos sin excepción, independientemente de si sus habilidades en ciencia o tecnología fuesen buenas o si tenían intención de seguir sus estudios en estas ramas. Este hecho nos permite constatar las afirmaciones de Ma y Williams en [183], en relación a las bondades del proyecto para todo tipo de alumnado.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que este proyecto impulsa el interés y la curiosidad científica, a la vez que las habilidades sociales, a través del trabajo en equipo y que todo ello es altamente valorado por los docentes y alumnos que participaron.

Además muestran la necesidad, a la vez que constituyen una motivación, de seguir profundizando en el tema. Esperamos que en un futuro, con la implementación de próximas ediciones, se puedan establecer estudios comparativos, de carácter longitudinal, con mayor significación. Por otro lado, se pretende estudiar cómo otras variables como el tiempo de dedicación, el sexo, el hecho de que el proyecto esté integrado en las horas lectivas o no, etc. pueden influir en las apreciaciones de los alumnos y docentes.

Conclusiones y líneas futuras

10.1 Valoración del nivel de logro del objetivo general

Tal y como se ha comentado en la introducción, el principal motivo por el que se ha realizado la presente tesis doctoral parte del compromiso personal, como docente de Educación Secundaria, con la educación en materias científicas y matemáticas, debido al declive que hay actualmente en la actitud de las mismas por parte de los estudiantes, como queda reflejado en distintos informes de evaluación, por ejemplo el último informe PISA publicado en [3].

Para poder dar propuestas de solución a esta problemática, esta tesis doctoral se ha basado en una investigación de tipo aplicada, exploratoria, preferentemente cuantitativa, pre-experimental y cuasi-experimental, inductiva y transversal, aspectos descritos previamente en el capítulo introductorio. Se ha pretendido un primer acercamiento al desarrollo e implementación de una serie de herramientas y metodologías para lograr una mejora en el proceso de aprendizaje, principalmente analizado en términos cuantitativos, y la motivación, analizada tanto de forma cuantitativa como cualitativa, según cada aportación, hacia las asignaturas de ciencias y matemáticas, en muestras de estudiantes concretas y en un momento concreto.

El objetivo general planteado consiste en la investigación de la relación entre diferentes metodologías y herramientas tecnológicas utilizadas en las áreas de ciencias y matemáticas, especialmente en matemáticas, y su contribución a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje y motivación en las etapas educativas preuniversitaria y universitaria. Se puede concluir que el objetivo general ha sido alcanzado, ya que los resultados obtenidos en las aportaciones independientes han sido positivos y nos han permitido alcanzar los objetivos específicos planteados en cada investigación.

10.2 Valoración del nivel de logro de los objetivos específicos

Para el logro del objetivo general, ha sido necesario el cumplimiento de los objetivos específicos globales que pretendía albergar la tesis. A continuación, se pasa a debatir cada uno de éstos, alcanzados en las aportaciones recogidas en cada capítulo.

a) Algunos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas

Primeramente, se han revisado algunos de los modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas desde el enfoque constructivista, que como ha quedado justificado en el Capítulo 2, es el que más potencial tiene en las aulas. De los modelos planteados, STEM ha constituido el eje principal en algunas de las aportaciones, ya que se ha considerado muy adecuada al pretender el aprendizaje de contenidos de forma continua e integrada, que permitan al alumno desarrollar esas competencias que la sociedad demandará de él, la cual, evidentemente, es científica y tecnológica, abogando siempre por un aprendizaje colaborativo.

A partir de las distintas aportaciones recogidas, se puede constatar que el modelo STEM parte de que el aprendizaje no debe ser un proceso receptivo, sino que ha de ser constructivo, de forma que el alumno deje de aprender de manera centralizada, pudiendo mejorar su capacidad creativa y desarrollando estrategias contextualizadas, a la vez que aumenta su motivación intrínseca y desarrolla otros valores derivados del trabajo en equipo. Este hecho tiene dos implicaciones fundamentales para el desarrollo cognitivo y social del alumno, si se lleva a cabo de forma adecuada, ya que, por un lado, el aprendizaje es más significativo, pudiendo extrapolar los conocimientos y estrategias a otros contextos y, por el otro, el alumno se siente motivado durante el proceso, aprendiendo de forma conjunta con sus compañeros.

Se han podido, por lo tanto, constatar las afirmaciones de Ocaña en [139] en relación a los beneficios de la educación STEM, como son la transferencia del conocimiento y las habilidades a problemas de la vida cotidiana, el aumento de la motivación hacia el aprendizaje, la adquisición de contenidos a largo plazo y, por lo tanto, la mejora en el proceso de aprendizaje.

b) El papel de las TIC en la didáctica de las ciencias y las matemáticas

En segundo lugar, se ha querido comprender y valorar el papel de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, estableciendo sus bases pedagógicas y los beneficios de su uso en estas materias. Tras el estudio teórico llevado a cabo, se concluye que el potencial de las TIC reside en lo que el uso de éstas supone para el logro de aprendizajes significativos y la motivación de los estudiantes, quienes aprenden a valorar su esfuerzo y aprendizaje, el cual es más autónomo. Además, el uso de las TIC en ambientes colaborativos, permite obtener resultados muy positivos y nos da las claves a los docentes para conducir el proceso de aprendizaje, siempre como guías del mismo, para lograr que el alumno alcance el logro de las competencias.

Como “nativos digitales”, los estudiantes cada vez tienen más fijadas unas determinadas actitudes y expectativas. Se constatan, por lo tanto, las afirmaciones de Dede en [36] en

base a las cuales los estudiantes abogan por una libertad de expresión y elección en función de sus necesidades, siendo más capaces de adaptar lo que tienen a su alrededor, haciendo un análisis crítico y reflexivo. Además, tienen preferencia por el trabajo colaborativo, el cual les permite integrar formas de pensamiento y desarrollar una tolerancia en las interacciones con los demás, a la vez que crear y buscar soluciones innovadoras.

Lo que queda claro es que el proceso de integración de las TIC en educación implica que deben formar parte del currículo, tal y como comenta Sánchez en [48]. Por tal motivo, las TIC tienen que usarse como un medio a partir del cual se puede lograr un aprendizaje significativo y no quedar su importancia relegada al mero uso de las mismas, de forma que se logre que sean TAC. Como comentan Kerawalla, Luckin, Seljeflot y Woolard en [144], el uso de herramientas tecnológicas puede favorecer a que disminuya el diálogo entre los estudiantes si no se hace un buen uso de ellas, es decir, si se limita a que el alumno las use tan solo como medio de visualización. Es por esto que, se concluye que la formación del profesorado es fundamental, que debe ser continuada, integrada y selecta, en términos de dar las pautas para saber qué TIC escoger y cómo usarla para el logro de los objetivos de aprendizaje.

De forma general, se han podido verificar los postulados de Hernández en [42] en cada una de las experiencias llevadas a cabo, y corroborar que las TIC han logrado un aprendizaje efectivo, ya que han permitido el compromiso activo del alumno, confiriéndole autonomía y permitiéndole formar parte del proceso de aprendizaje, lo que, junto con el *feedback* que el docente puede dar, hace que éste sea más personalizado. Además, en todas las experiencias ha sido fundamental la parte de trabajo colaborativo que ha permitido, a través de las TIC, el desarrollo de habilidades sociales al poder compartir sus impresiones.

Destacar que las TIC empleadas cumplen los principios comentados por Rojano en [62], en relación a su uso en las disciplinas científicas y matemáticas, ya que se han usado de manera acorde a los principios de la didáctica general, permitiendo a los estudiantes la manipulación de los conceptos de estudio, a través de actividades diseñadas para el tratamiento fenomenológico de los mismos, en un entorno colaborativo que ha logrado la interacción de los estudiantes entre sí y con el docente. A modo de conclusión, teniendo en cuenta los paradigmas sobre el uso de las TIC en educación recogidos en el Capítulo 2, en las experiencias llevadas a cabo, las TIC se han usado como herramientas y como medios de comunicación.

Por otro lado, en relación a la integración curricular de las TIC, éstas han sido empleadas de las siguientes maneras:

- Anidada: en todas las aportaciones.
- Tejida: especialmente en las experiencias con hologramas y la de metodología *flip*, usando vídeos.
- Enroscada: especialmente en las experiencias de robótica educativa, foros virtuales y técnica puzzle.
- Integrada: especialmente en las experiencias con hologramas y robótica educativa.

- Inmersa: especialmente con la experiencia de robótica educativa y la del videojuego educativo.

Finalmente, concluir que el tipo de evaluación llevada a cabo en las experiencias ha sido de tipo individual en la mayoría de las aportaciones. Además, en algunas de ellas se puede considerar que se ha llevado a cabo una evaluación compartida de segundo nivel o *inside level* al permitir al alumno una autoevaluación.

c) Los foros virtuales

El tercer objetivo consiste en analizar el papel de la comunicación asíncrona, a través de un enfoque colaborativo, empleando foros virtuales, en dos muestras de estudiantes de nivel universitario de las ramas de ingeniería y de matemáticas. Los resultados obtenidos a partir de esta experiencia, demuestran que el trabajo de contenidos curriculares en un contexto real, a través de los foros virtuales, aumenta el aprendizaje significativo de los estudiantes, fomentando su motivación y participación y, por lo tanto, haciendo que se sientan parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, a la vez que estudian contenidos curriculares de forma integrada.

Las principales ventajas que han podido ser constatadas sobre el uso de los foros virtuales son, desde el punto de vista de los alumnos, que les proporciona una libertad en cuanto a tiempo de deliberación y actuación y, en cuanto a la forma y los contenidos sobre los que podían expresarse, que han aprendido a sus propios ritmos y de forma autónoma, que ellos mismos han podido evaluar su aprendizaje y que tanto su creatividad como sus conocimientos han aumentado significativamente. Por otro lado, desde el punto de vista del docente, las principales ventajas tienen que ver con la constatación del aumento del aprendizaje del alumno, que se ha podido observar durante el desarrollo de los debates y que, el hecho, de que los alumnos no tengan barreras temporales ni espaciales a la hora de debatir, ayuda a convertir las clases en un centro de intercambio de ideas y de discusión.

Por otro lado, cabe destacar que los foros deben tener una estructura que sea adecuada, que los temas escogidos sean atractivos para los alumnos y que el tiempo dedicado a la discusión en los debates sea suficiente. Con respecto a los temas, se ha detectado que si están relacionados con problemas de la vida cotidiana y a los que los alumnos tengan que hacer frente, se pueden conseguir respuestas contributivas e interactivas. A pesar de que esta adaptación de contenidos va a requerir más esfuerzo y formación por parte del docente que si se opta por una metodología tradicional, se considera una buena estrategia para conseguir el logro de las competencias.

Concretamente, el estudio de búsqueda y solución de problemas de la vida cotidiana vinculados a la ingeniería y a las matemáticas es, en sí mismo, una forma de entender la enseñanza universitaria de estas ramas de conocimiento a través de las TIC, ya que se pone de manifiesto el enfoque constructivista que permite integrar la enseñanza de estas materias de forma contextualizada y práctica para el alumno, mediante el trabajo colaborativo. Queda, por lo tanto, constatada la premisa de “aprender juntos” de Johnson, D. W. y Johnson, R. T. en [73] según la cual el docente debe tener un papel moderador.

d) La docencia inversa

El cuarto objetivo hace referencia al desarrollo de una metodología de clase inversa, y el análisis de las apreciaciones de los estudiantes en relación al uso de la misma en una muestra de estudiantes de nivel universitario en la asignatura de Matemática Discreta. Los resultados obtenidos permiten concluir que el éxito de esta metodología requiere un papel muy activo por parte del alumno y, por lo tanto, depende del grado en el que se involucra, resultando muy beneficiosa para aquellos estudiantes que trabajan diariamente.

Los estudiantes que prefieren esta metodología, han valorado muy positivamente la interacción con el docente y el uso de videos en la mejora de su proceso de aprendizaje, lo cual nos ha permitido constatar las afirmaciones de Talbert en [96], McGivney-Burelle y Xue en [95] y Love, Hodge, Grandgenett y Swift en [94]. Además, consideran que, aunque el esfuerzo diario sea mayor, en términos generales, es menor que al usar la metodología tradicional, ya que está más repartido. Este aspecto ha sido corroborado en el análisis de correlaciones, ya que se ha visto cómo los estudiantes que prefieren la metodología tradicional opinan que el esfuerzo está muy relacionado con la nota que se obtiene en la asignatura, mientras que para los estudiantes que prefieren la metodología *flip* el esfuerzo está relacionado con el gusto por la metodología y que el ambiente de clase sea agradable.

El hecho de que revisen el material antes de las clases, implica que éstas se aprovechan más y se conviertan en entornos colaborativos de aprendizaje, en los que el alumno puede tener un *feedback* inmediato y se desarrollan muchos aspectos positivos, como la expresión verbal a la hora de defender sus razonamientos, la motivación y la actitud positiva ante la materia, al dejar la parte teórica para el estudio individual en casa, lo cual nos permite corroborar las afirmaciones de Bishop y Verleger en [106]. Sin embargo, consideramos crucial que, para que esta metodología suponga un éxito, el alumno debe trabajar diariamente y adoptar una buena predisposición ante su implementación, a la par que trabajar en el aula, de manera que el aprendizaje que se logre sea significativo y se pueda sacar el mayor rendimiento posible a los tiempos en clase. Como es evidente, el docente tiene una labor muy importante en la preparación del material y la elección de los vídeos, de forma que se consiga que sea el guía del proceso de aprendizaje, como comentan Jordán, Pérez y Sanabria en [103].

e) Técnica puzzle en entorno virtual

El quinto objetivo pretende la implementación y evaluación del proceso de aprendizaje a través de la metodología colaborativa *Jigsaw II* o Rompecabezas, en un entorno virtual, usando foros, entre otras herramientas, para el aprendizaje de matemáticas de Educación Secundaria. Los resultados muestran que el uso de los entornos virtuales, como puede ser Google[®], que es de fácil implementación, presentan un gran potencial para llevar a cabo actividades de trabajo colaborativo, tal y como muestran el nivel de Ganancia Media Normalizada y los resultados de la comparación de medias, que miden el logro de aprendizaje, el cual ha resultado superior en el grupo experimental que ha usado esta técnica. Además, con el uso de las técnicas estadísticas utilizadas se ha podido constatar que las distribuciones de las puntuaciones siguen una distribución normal y que la diferencia de me-

días existente entre los resultados del post-test entre los dos grupos son estadísticamente significativas y, por lo tanto, no se deben al azar.

Se han podido constatar las ventajas de la técnica del Rompecabezas en un entorno *online* propuestas por Martínez, Molina y Traver en [119], dejando claro su potencial en términos de mejora del rendimiento académico gracias al aprendizaje significativo de los contenidos trabajados. Esto es debido a que se favorece que se adopten actitudes positivas, al tiempo que se mejora en el empleo de las TIC y se trabaja de manera cooperativa con tolerancia y respeto, potenciando, asimismo, la autoestima y la empatía. Comentar que, este tipo de metodologías son muy positivas para estudiantes con necesidades educativas especiales, ya que les permiten estar integrados y recibir ayuda de sus compañeros.

Algunas complicaciones detectadas a la hora de implementar la metodología tienen que ver con el uso de los foros cuando los estudiantes trabajan en los grupos, ya que les resulta más fácil la comunicación verbal. Además, se considera que es necesaria una formación permanente del profesorado en este tipo de metodologías, a la vez que un trabajo minucioso por su parte en la selección de los contenidos curriculares susceptibles de ser trabajados de esta manera.

f) Videojuegos educativos

El sexto objetivo consiste en emplear un videojuego para aprender conceptos relacionados con geometría euclidiana, y analizar su implicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en una muestra de alumnos de nivel universitario. Los resultados obtenidos han permitido poner de manifiesto el Estado de Flujo de Nakamura y Csikszentmihalyi en [131], debido al potencial del juego Euclid[®] como elemento motivador, para lograr un aprendizaje significativo de forma lúdica y práctica. El juego ha ayudado a los estudiantes a afianzar los conocimientos adquiridos sobre geometría euclidiana, por lo que han mejorado sus calificaciones tras su aplicación. Este hecho lo corrobora la correlación entre el nivel de logro de los estudiantes en el juego y los resultados de las calificaciones finales obtenidas, por lo que se puede concluir que cuanto más se ha trabajado con el juego, más posibilidades han tenido los estudiantes de mejorar la calificación en la asignatura.

Han quedado evidenciadas las premisas comentadas por Etxeberría en [136], según las cuales los videojuegos en el aula ayudan a potenciar el razonamiento de tipo deductivo, y las de Sánchez y Aguilar en [135], en relación a cómo la combinación de elementos multimedia puede reforzar el conocimiento y, asimismo, ayudar al control de la concentración, facilitando el entusiasmo y la atención de los estudiantes.

Se concluye que el uso de Euclid[®], para el aprendizaje de contenidos de geometría euclidiana, ha favorecido que el alumno llegue al conocimiento de forma lúdica y sintiéndose completamente involucrado. Además, le ha permitido aprender a su propio ritmo a medida que va avanzando por los niveles de juego y tener un *feedback* de su progreso en todo momento.

g) Hologramas educativos

El séptimo objetivo se centra en el desarrollo de una metodología en la que se usa el holograma como medio de enseñanza, así como el análisis de la posible consecuente mejora de los resultados de aprendizaje y el nivel de satisfacción de los estudiantes en asignaturas de ciencias y matemáticas en Educación Secundaria, desde el enfoque de la educación STEM. Los resultados obtenidos, en los análisis de diferencias de medias entre grupos control y experimental en los estudios recogidos, relacionados con la división celular y con las áreas y volúmenes de cuerpos en revolución, han sido muy positivos. Ha quedado evidenciada una mejora significativa en los resultados de aprendizaje de los estudiantes que usaron el holograma, aspecto que permite constatar la afirmaciones de Serra *et al.* en [142], por las cuales se puede considerar esta herramienta como un medio de enseñanza.

Los cuestionarios de valoración de la experiencia de usuario permiten concluir que la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje se ha visto influenciada por la motivación de los estudiantes y su nivel de participación en dicho proceso, corroborando las afirmaciones de Ghuolom en [149], en relación al potencial de esta herramienta en el futuro. Esto ha llevado a que fomenten su capacidad visual y su creatividad, a la par que han trabajado en grupos, desarrollando, por lo tanto, otros valores, como puede ser el compañerismo.

Por otro lado, el hecho de que lo que más motiva a los estudiantes es el efecto óptico que produce el holograma, nos permite sustentar las afirmaciones de Lee en [145], ya que se ha captado su atención consiguiendo que el aprendizaje haya sido más significativo. Por último, destacar que el hecho de trabajar de forma integrada diversas competencias STEM permite corroborar el potencial del holograma en las aulas para trabajar contenidos de estas materias conjuntamente.

h) Robótica educativa

Finalmente, el objetivo octavo consiste en la valoración de las opiniones de docentes y estudiantes que han participado en el campeonato de Robótica Educativa FIRST[®] LEGO[®] League en el curso 2017/2018, en términos de su utilidad como recurso para el desarrollo de competencias STEM y motivación en Educación Secundaria. Los docentes han valorado muy positivamente cómo el proyecto ha favorecido el desarrollo de competencias STEM al integrar ciencia y tecnología y cómo éste ha conseguido que los estudiantes aumenten su motivación, creatividad y autonomía, a la vez que desarrollan otros valores derivados del trabajo en equipo, lo cual nos ha permitido constatar las afirmaciones de Kandlhofer y Steinbauber en [173]. Además, consideran que el proyecto ayuda a la búsqueda de soluciones ante un problema, de forma que se cumple una de las principales misiones de la educación STEM.

En cuanto a las percepciones de los estudiantes, se puede concluir que valoran con puntuaciones elevadas la importancia de la robótica para su futuro profesional, que se han sentido muy motivados y que han podido trabajar contenidos curriculares de forma integrada. En general, las opiniones de los estudiantes, sobre las tres partes del proyecto, han sido muy buenas y no solo con la parte de robótica, como pensaban los docentes, lo cual da un valor adicional para constatar su enfoque globalizador.

En relación a las dificultades, tanto los docentes como los estudiantes consideran que estos últimos tienen problemas a la hora de programar, especialmente en relación al uso de los sensores. Los docentes también comentan otros aspectos como proponer ideas innovadoras y enfrentarse a la exposición ante un jurado. Para rebasar estos dos últimos obstáculos, se considera crucial la implicación de los docentes del centro.

El estudio de correlaciones muestra la relación directa entre el uso de la robótica, la motivación, la creatividad y el trabajo autónomo, permitiendo concluir que la RE genera una alta motivación en los estudiantes, y que la autonomía en la toma de decisiones ayuda a fomentar las condiciones apropiadas para la creatividad. Del mismo modo, el hecho de mejorar sus conocimientos informáticos, aporta en ellos la percepción de haber aumentado su autonomía, lo cual nos permite corroborar las afirmaciones de Kim, C. Kim, D. Yuan, Hill, Doshi y Thai en [174]. Además, se establece que trabajar en equipo se relaciona con una mayor interacción con los demás y con la posibilidad de aumentar habilidades sociales, como la tolerancia y el compañerismo. El proyecto de RE es en sí mismo el factor globalizador de las diferentes áreas del currículum, por lo que consideramos que enlaza directamente con el logro competencial STEM y se ajusta al modelo TPCK.

Por último, comentar que se considera imprescindible instar a los estudiantes a participar en proyectos de RE, tal y como comentan Ma y Williams en [183], debido a las bondades que supone para ellos, independientemente de si desean continuar sus estudios en carreras del ámbito STEM o no.

10.3 Valoración del nivel de logro de los objetivos educativos, psicológicos y sociales.

Por otro lado, la presente tesis doctoral plantea objetivos de tipo educativo, psicológico y social, los cuales han sido cubiertos en cada una de las investigaciones desde un punto de vista pedagógico, didáctico y cognitivo, y han sido comentados en el apartado anterior al analizar el cumplimiento de los objetivos específicos. En términos generales, se puede decir que, a nivel pedagógico, se ha logrado la creación de ambientes colaborativos en los que el alumno se ha sentido más motivado hacia el aprendizaje a través de las TIC.

Desde el punto de vista didáctico, se puede decir que las herramientas y las metodologías empleadas han sido las adecuadas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, destacar que, desde el punto de vista cognitivo, los estudiantes han sido capaces de potenciar sus capacidades mentales y lograr, por sí mismos, un aprendizaje significativo, el cual, en base al paradigma constructivista, es duradero, está basado en el logro competencial y contextualizado en la realidad en la que se hallan inmersos, aspecto que se considera crucial para paliar el declive en la actitud hacia las materias de ciencias y matemáticas y fomentar, por lo tanto, las vocaciones STEM entre el alumnado.

10.4 Futuras líneas de trabajo

A la luz de los resultados obtenidos, se considera necesario continuar recabando datos a fin lograr una investigación experimental lo más amplia posible, que permita una valoración en el tiempo y que, por lo tanto, sea de corte longitudinal. Asimismo, se estima que todas las metodologías y herramientas usadas pueden ser empleadas tanto en el nivel preuniversitario como universitario, por lo que se considera otra posible vía de estudio la extrapolación de las mismas a los niveles donde no se han llevado a cabo.

En particular, en relación a cada investigación, se proponen una serie de mejoras susceptibles de ser implantadas. En el caso de:

- Los foros virtuales: se plantea la introducción de cambios en las intervenciones a medida que se van desarrollando para lograr un mayor nivel de profundización del conocimiento. Además, se estima necesario la búsqueda o diseño de una herramienta que facilite la gestión de las intervenciones. Por otra parte, resulta interesante desarrollar un sistema de evaluación que permita evaluar de forma más precisa, tanto cualitativa como cuantitativamente, las intervenciones. Por último, destacar que se plantea realizar una experiencia utilizando este tipo de foros en Educación Secundaria y valorar su utilidad para el logro de competencias STEM.
- La educación inversa: se plantea una investigación de tipo cuantitativo que permita contrastar los resultados de mejora de aprendizaje de un grupo experimental, frente a los de un grupo control y ampliar la muestra de estudio, con alumnos de otros cursos. Además, a raíz de los resultados obtenidos en este estudio, se considera oportuno un análisis correlacional entre el número de horas de implementación y la valoración global de los alumnos. Asimismo, se propone hacer experiencias en Educación Secundaria en el ámbito STEM.
- La técnica *Jigsaw II*: se plantea el uso de las otras técnicas de aprendizaje colaborativo expuestas en Capítulo 6 y su aplicación en más muestras de estudiantes, de manera que se pueda contrastar la efectividad de cada una de ellas y valorar cuál puede resultar más idónea en términos de logro de competencias STEM.
- Los videojuegos educativos: se estima necesario valorar la efectividad del juego usando un grupo control y uno experimental y aumentando el volumen de la muestra. Por otro lado, se valora la posibilidad de selección de otros videojuegos más interactivos y utilizarlos para trabajar contenidos de ciencias y matemáticas de forma integrada, tanto a nivel universitario como preuniversitario.
- Hologramas educativos: se plantea trabajar con hologramas y pantallas mayores, de forma que el efecto óptico sea más impresionante y, al poderse ver en mayor tamaño, se comprendan los contenidos más fácilmente. En el caso de la división celular proponemos hacer un vídeo común en el que se puedan ver simultáneamente la mitosis y la meiosis, de manera que los estudiantes puedan comprender mejor las diferencias entre ambas. En el caso de los conceptos de áreas y volúmenes, se cambiaría el tipo de selección de las preguntas 6, 8 y 14 del post-test, para corroborar si la dificultad es debida a la manera en la que están formuladas tales preguntas o al conocimiento aprehendido a partir del propio holograma. En

tal caso, se propone trabajar con hologramas interactivos a través de la técnica “Fantasma Pepper”, usando láminas semitransparentes y una interfaz de interacción con un sensor de movimiento como pueden ser Kinect[®] o Intel[®] RealSense[™]. Comentar, asimismo, que se pretende aumentar la muestra de estudio y aplicar las distintas técnicas holográficas de forma integrada en materias STEM, tanto en un nivel preuniversitario como universitario.

- Robótica educativa: se estima necesario seguir conociendo las apreciaciones de los docentes y los estudiantes a medida que se van desarrollando más ediciones del campeonato FIRST[®] LEGO[®] League de forma que se aumente la muestra de estudio y éste sea más de corte longitudinal. También se plantea valorar cómo variables como la dedicación, la formación, el sexo, etc., pueden influir en las apreciaciones de alumnos y profesores. La valoración de las impresiones nos permitirá el desarrollo de buenas prácticas que pueden servir de ayuda a todos los docentes que quieran implementar robótica educativa en el aula, desde el enfoque integrador de las competencias STEM. A la luz de las dificultades observadas tras este primer estudio, se estiman mejoras en las actividades que tienen que ver con el uso de los sensores, así como la necesidad de llevar a cabo más proyectos en los que los estudiantes tengan que enfrentarse a la búsqueda de ideas y soluciones innovadoras y la exposición de las mismas ante un jurado.

En términos generales, se puede decir que son varios los frentes abiertos y los objetivos de futuro planteados pueden resultar ambiciosos. Sin embargo, los resultados obtenidos han resultado tan positivos que nos instan a seguir adelante a fin de poder atender las necesidades de nuestros estudiantes, que, como “nativos digitales”, reclaman otras formas de enseñanza, y, por otra parte, además, a fomentar en ellos las vocaciones STEM, paliando, en la medida de lo posible, el declive en la actitud hacia estas disciplinas.

Finalmente, comentar que se baraja la posibilidad del desarrollo de MOOC (*Masive Online Open Course*) para poder difundir los trabajos llevados a cabo.

Apéndice A

Méritos

A.1 Publicaciones

A.1.1 Artículos científicos vinculados con la tesis

1. N. Arís y L. Orcos. "ICTs and School Education." *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 3. (4) (2015), págs. 13-16.
2. J. I. Castillo, L. Orcos, y J. J. Rainer, "Virtual Forums as a Learning Method in Industrial Engineering Organization." *IEEE Latin American Transactions* 14. (6) (2016), págs. 3023-3028.
3. L. Orcos, R. Arias, N. Arís, N. y Á. A. Magreñán. "Collaborative learning: implementation of *Jigsaw* technique in Google." 2nd. International conference on higher education advances (HEAD'16). Editorial Universitat Politècnica de València. 2016, págs. 27-35, DOI: 10.4995/HEAD16.2016.2772.
4. L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "Uso del holograma como herramienta para trabajar contenidos de geometría en Educación Secundaria." *Pensamiento Matemático* 3. (2) (2018), págs. 91-100.
5. L. Orcos y Á. A. Magreñán. "The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents." *Int. J. Learning Technology* 13. (2) (2018), págs. 163-177.

6. L. Orcos, C. Jordán, y Á. A. Magreñán. "3D visualization through the Hologram for the Learning of Area and Volume Concepts." *Mathematics* 7. (3) (2019), 247, DOI: 10.3390/math7030247.
7. N. Arís, y L. Orcos. "Educational Robotics in the stage of Secondary Education: empirical study on motivation and STEM skills." *Education Sciences*, Aceptado.

A.1.2 Capítulos de libro vinculados con la tesis

1. I. Sarría, R. González, Á. A. Magreñán, S. P. Narváez, y L. Orcos "Games Math. Adaptive Video Game to Evaluate Basic Mathematic Concepts." In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). *International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 734, págs. 27-35. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4. 2017.
2. L. Orcos, N. Arís, C.E. Fernández y Á. A. Magreñán. Holographic Tools for Science Learning. In U. Lorna, D. Liberona y Y. Liu (Eds). *International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 734, págs. 36-45. DOI: 10.1007/978-3-319-62743-4. 2017.

A.1.3 Otras publicaciones en educación: Artículos científicos

1. A. Gómez, Á. A. Magreñán, L. Orcos, "UX of social network Edmodo in undergraduate engineering students." *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 3. (4) (2015), págs. 31-36.
2. P. J. Blázquez, L. Orcos, J. Mainz, D. Sáez, "Propuesta metodológica para la mejora del aprendizaje de los alumnos a través de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en el aprendizaje basado en proyectos." *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 8. (1) (2018), págs. 162-193.
3. L. Orcos, R. Hernández-Carrera, M. Espigares, Á. A. Magreñán, "The Kumon Method: Its Importance in the Improvement on the Teaching and Learning of Mathematics from the First Levels of Early Childhood and Primary Education." *Mathematics*, 7. (1) (2019), 109 DOI: 10.3390/math7010109.
4. Í. Sarría, R. González, A. González, Á. A. Magreñán y L. Orcos. "Herramienta Pedagógica basada en el desarrollo de una aplicación informática para la mejora del aprendizaje en matemática avanzada." *Revista Española de Pedagogía*, 77. (274) (2019), Aceptado.
5. M. Curto, L. Orcos, P. J. Blázquez y F. J. Molina. "Student Assessment of the Use of Kahoot in the Learning Process of Science and Mathematics." *Education Sciences*, 9. (1) (2019), 55, DOI: 10.3390/educsci9010055.

A.1.4 Otras publicaciones en educación: Capítulos de libro

1. Á. A. Magreñán y L. Orcos. "Investigación en neuropsicología." En. P. Martín-Lobo (Ed.), *Procesos y programas de neuropsicología educativa* Madrid: Secretaría general técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones. 2015, págs. 212-224. ISBN:978-84-369-5653-5 ibd
2. N. Arís y L. Orcos. "Creatividad, clase inversa y gamificación." En C. López & J.Manso (Eds.), *Transforming education for a changing world*. Madrid: Adaya Press. 2018, págs. 325-334.
3. L. Orcos, P. J. Blázquez, M. Curto, F. J. Molina y Á. A. Magreñán. "Use of Kahoot and EdPuzzle by Smartphone in the Classroom: The Design of a Methodological Proposal." En L. Uden, D. Liberona y J. Ristvej, *Learning Technology for Education Challenges*. Switzerland: Springer. Vol 870. págs. 37-47. DOI:10.1007/978-3-319-95522-3. 2018.

A.1.5 Otras publicaciones: Artículos científicos

1. I. K. Argyros, Á. A., Magreñán, y L. Orcos. "Local convergence and a chemical application of derivative free root finding methods with one parameter based on interpolation." *Journal of Mathematical Chemistry*, 54. (7) (2016), págs. 1404–1416.
2. I. K. Argyros, Á. A., Magreñán, L. Orcos y J. A. Sicilia. "Local convergence of a relaxed two-step Newton like method with applications." *Journal of Mathematical Chemistry*, 55. (7) (2017), págs. 1-16.
3. Á. A., Magreñán, I. K. Argyros, L. Orcos y J. A. Sicilia. "Secant-like methods for solving nonlinear models with applications to chemistry." *Journal of mathematical chemistry*, 56. (7) (2017), págs. 1935-1957.
4. I. K. Argyros, Á. A., Magreñán, L. Orcos, Í. Sarría I. y J. A. Sicilia. "Different methods for solving STEM problems." *Journal of Mathematical Chemistry*. Publicación anticipada en línea. DOI: 10.1007/s10910-018-0950-1.
5. C. Amorós, I. K. Argyros, R. González, Á. A. Magreñán, L. Orcos e Í. Sarría, "Study of a High Order Family: Local Convergence and Dynamics", *Mathematics*, 7. (3) (2019), 225, DOI: 10.3390/math7030225
6. I. K. Argyros, Á. A. Magreñán, L. Orcos e Í. Sarría, "Advances in the Semilocal Convergence of Newton's Method with Real-World Applications", *Mathematics*, 7. (3) (2019), 299, DOI: 10.3390/math7030299

A.1.6 Otras publicaciones: Capítulos de libro

1. S. Amat, S. Busquier, Á. A., Magreñán y L. Orcos. "An overview on Steffensen-type methods." En S. Amat, S. Busquier (Eds.). *Advances in Iterative Methods for Nonlinear Equations*. SEMA SIMAI Springer Series, vol 10. Springer, Cham. 2016, págs. 5-29.

A.2 Congresos

A.2.1 Congresos vinculados con la tesis

1. L. Orcos, (junio, 2016). Collaborative learning: implementation of Jigsaw Technique in Google environment. Sesión de cartel presentada en *2nd International Conference on Higher Education Advances*, Valencia, España.
2. L. Orcos, N. Arís, y Á. A. Magreñán, (julio, 2017). Holographic tools for cell division contents learning. Proceedings de *17th International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering*, España, VI, 2202-2205. ISBN: 978-84-617-8694-7
3. L. Orcos, (agosto, 2017). Holographic Tools for Science Learning. Trabajo presentado en *6th International Conference on Learning Technology and Education Challenges*, Beijing, China. ISBN: 978-3-319-62743-4
4. L. Orcos, C. Jordán y Á. A. Magreñán, (junio, 2018). Uso del Holograma para trabajar contenidos de Geometría en Educación Secundaria. En A. Salvador, M. D. López & J. Rodrigo. *5º Jornada Internacional. Matemáticas Everywhere*, Universidad Politécnica de Madrid. (pp.65-76). Castro Urdiales, España. ISBN: 978-84-697-7687-2.
5. N. Arís, y L. Orcos, (octubre, 2018). La Robótica Educativa: competencias STEM y creatividad. Trabajo presentado en *2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation*. España. ISBN: 978-94-92805-07-2.
6. N. Arís, y L. Orcos, (octubre, 2018). Campeonato Robótica Educativa: un estudio en la secundaria. Trabajo presentado en *2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation*, España. ISBN: 978-94-92805-07-2.

A.2.2 Otros congresos

1. L. Orcos, (marzo, 2016). Liderazgo educativo: dimensiones emocionales y comunicativas. Trabajo presentado en *XIII Congreso Internacional y XXXIII Jornadas de Universidades y Educación Inclusiva*, Albacete, España.
2. N. Arís, y L. Orcos, (julio, 2016). A methodology for the understanding of geometry by applying 3D and ICT resources in the classroom. Proceedings de la *16th International*

Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering, España, V, 1455-1460. ISBN: 978-84-608-6082-2.

3. Í. Sarría, Á. A. Magreñán, L. Orcos, (julio 2017). New tool to teach advanced mathematics. Proceedings de la *17th International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering*, España V, 1887-1891. ISBN: 978-84-617-8694-7
4. L. Orcos, N. Arís, Á. A. Magreñán, (julio, 2017). The importance of robotics in Early Childhood Education: first step of an intervention proposal using BeeBots. Proceedings de la *17th International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering*, España, VI, 2100-2104). ISBN: 978-84-617-8694-7
5. N. Arís, y L. Orcos, (diciembre, 2017). Gamificación en el entorno educativo. Trabajo presentado en *Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC, España*, ISBN: 978-94-92805-02-7.
6. N. Arís, y L. Orcos, (diciembre, 2017). Robótica en Educación Infantil. Trabajo presentado en *Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC, España*, ISBN: 978-94-92805-02-7.
7. L. Orcos, (julio 2018). Different Methods for solving STEM problems. Trabajo presentado en *18th International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering*, Rota, España.
8. L. Orcos, (agosto, 2018). Use of Kahoot and Edpuzzle by smartphone in the classroom: the design of a methodological proposal. Trabajo presentado en *7th International Conference on Learning Technology and Education Challenges*, Zilina, Slovakia. ISBN: 978-3-319-95522-3
9. L. Orcos, (diciembre, 2018). Nuevas formas de enseñanza de la Matemática Aplicada. Trabajo presentado en *II Joint Meeting Spain-Brazil, RSME-SEMA-SBM-SBMAC*, Cádiz, España.

A.3 Otros méritos

1. Pertenencia al grupo de Investigación MOdelación Matemática Aplicada la INgeniería (MOMAIN). (Universidad internacional de La Rioja). 12/2015-09/2017.
2. Pertenencia al Grupo de Investigación Matemática APlicada a Problemas de INgeniería (MAPPING) (Universidad Internacional de La Rioja). 01/12/2017-30/11/2019.
3. Profesora de asignaturas de ciencias en Educación Secundaria en modalidad bilingüe desde el curso 2012/2013.
4. Profesora de la asignatura de Didáctica de las Matemáticas y directora de Trabajos Fin de Grado del Grado de Maestro en Educación Primaria.

5. Título C1 de inglés de la Escuela Oficial de Idiomas.
6. Participación como entrenadora en el Torneo internacional de Robótica Educativa FIRST[®] LEGO[®] League desde el curso 2014/2015.
7. Certificado de docente acreditada en la metodología "Thinking Based Learning".

Bibliografía

- [1] Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Ministerio de ciencia, innovación y universidades. *IX Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología*. 2018. Recuperado el 24-01-2019 de https://www.fecyt.es/sites/default/files/news/attachments/2018/11/epscyt2018_informe_0.pdf.
- [2] A. Stoof, R. L. Martens, J. J. G. van Merriënboer y T. J. Bastiaens. "The Boundary Approach of Competence: A Constructivist Aid for Understanding and Using the Concept of Competence". *Human Resource Development Review* 1.(3) (2002), págs. 345-365. DOI: 10.1177/1534484302013005.
- [3] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. *Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, PISA*. OECD Publishing, Paris, 2015.
- [4] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. *PISA 2015 Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe Español*. 2016. Recuperado el 24-01-2019 de <http://www.educacionyfp.gob.es/inee/dam/jcr:e4224d22-f7ac-41ff-a0cf-876ee5d9114f/pisa2015preliminarok.pdf>.
- [5] J. I. Pozo y M. A. Gómez. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Quinta edición. Madrid: Ediciones Morata, 2006.
- [6] W. Speering y L. Rennie. "Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school." *Research in Science Education* 26.(3) (1996), págs. 283-298.

- [7] J. I. Rotgans y H. G. Schmidt. "The intricate relationship between motivation and achievement: Examining the mediating role of self-regulated learning and achievement-related classroom behaviours." *International journal of Teaching and Learning in Higher Education* 5.(3) (2012), págs. 274-292.
- [8] B. Weiner. "An attributional theory of achievement, motivation and emotion." *Psychological Review* 92.(4) (1985), pág. 548.
- [9] A. Vázquez y M. Manassero. "El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 5.(3) (2008), págs. 274-292.
- [10] D.W. Johnson y F. Johnson. *Joining together: Group theory and group skills*. (11th ed.) Edinburgh: Pearson, 2014.
- [11] V. A. Gálvez y R. N. Buenfil. "La ciencia en los discursos escritos por estudiantes de Bachillerato". *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 32.(2) (2014), págs. 271-290.
- [12] N. Arís y L. Orcos. "ICTs and School Education." *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 3.(4) (2015), págs. 13-18.
- [13] J. I. Castillo, L. Orcos y J. J. Rainer. "Virtual Forums as a Learning Method in Industrial Engineering Organization." *IEEE Latin America Transactions*, 14.(6) (2016), págs. 3023-3028.
- [14] L. Orcos, R. Arias, N. Arís y Á. A. Magreñán. "Collaborative learning: implementation of JigSaw technique in Google". *2nd. International conference on higher education advances (HEAD'16)*. Editorial Universitat Politècnica de València (2016), págs. 373-380. DOI: 10.4995/HEAD16.2016.2772.
- [15] Í. Sarría, R. González, Á. A. Magreñán, S.P. Narváez y L. Orcos. "Games Math. Adaptive Video Game to Evaluate Basic Mathematic Concepts". *International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 317. Springer. 2017, págs. 27-35.
- [16] L. Orcos, N. Arís, C. E. Fernández y Á. A. Magreñán. "Holographic Tools for Science Learning". *International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*. Vol. 317. Springer. 2017, págs. 36-45.
- [17] L. Orcos y Á. A. Magreñán. "The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents". *International Journal of Learning Technology* 13.(2) (2018), págs. 163-177.

- [18] L. Orcos, C. Jordán y Á. A. Magreñán. "Uso del holograma como herramienta para trabajar contenidos de geometría en Educación Secundaria." *Pensamiento Matemático* 8.(2) (2018), págs. 91-100.
- [19] L. Orcos, C. Jordán y A. A. Magreñán. "3D visualization through the Hologram for the Learning of Area and Volume Concepts". *Mathematics* 7.(3) (2019), pág. 247. DOI: 10.3390/math7030247.
- [20] N. Arís y L. Orcos. "La Robótica Educativa: competencias STEM y creatividad". *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conf. on Educational Research and Innovation*. Vol. 2018. Adaya Press. 2018, pág. 99. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.
- [21] N. Arís y L. Orcos. "Campeonato Robótica Educativa: un estudio en la secundaria". *BOOK OF ABSTRACTS CIVINEDU 2018, 2nd International Virtual Conf. on Educational Research and Innovation*. Vol. 2018. Adaya Press. 2018, pág. 100. Recuperado el 26-01-2019 de: <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2018/11/CIVINEDU2018.pdf>.
- [22] N Arís y L. Orcos. "Educational Robotics in the stage of Secondary Education: empirical study on motivation and STEM skills". *Education Sciences* (2019). Aceptado.
- [23] A. J. Bishop. *Mathematical enculturation: a cultural perspective on mathematics education*. Vol. 6. Springer Science & Business Media, 1991.
- [24] J. Piaget y A. M. Battro. *Estudios de psicología genética*. Buenos Aires: Emece, 1973.
- [25] L. Vygotsky. *Mind in society; the development of higher psychological process*. Harvard University Press, 1978.
- [26] D. Ausubel, J. D. Novak y H. Hanesian. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1983.
- [27] K. L. Murphy y L. Cifuentes. "Using Web tools, collaborating, and learning online". *Distance Education* 22.(2) (2001), págs. 285-305.
- [28] J. I. Pozo. *Teorías Cognitivas Del Aprendizaje*. 9ª ed. Madrid: Ediciones Morata, 2006.
- [29] D. Moursund. *Project-based learning using information technology*. 2ª ed. Eugene: International society for technology in education, 2002.
- [30] R. J. Swartz, A. L. Costa, R. Beyer B. K. and Reagan y B. Kallick. *Thinking-Based Learning. Promoting Quality Student Achievement in the 21st Century*. New York: Teachers College Press, 2010.

- [31] G. Ocaña, I. M. Romero, F. Gil y Codina A. "Implantación de la nueva asignatura Robótica en Enseñanza Secundaria y Bachillerato". *Revista Investigación en la Escuela* 87 (2015), págs. 65-79.
- [32] G. Yakman. "ΣΤΣ@M Education: an overview of creating a model of integrative education." *Pupils Attitudes Towards Technology Annual Proceedings*. 2008. Recuperado el 24-01-2019 de <https://www.iteea.org/86752.aspx>.
- [33] M. Carriger. "Problem-based learning and management development: Empirical and theoretical considerations". *The International Journal of Management Education* 13.(3) (2015), págs. 249-259.
- [34] Á Pérez. "La era digital. Nuevos desafíos educativos". *Revista Electrónica Sinéctica* 40 (2013), págs. 47-62.
- [35] L. D. Rosen. *Rewired: Understanding the iGeneration and the Way They Learn*. St. Martin's Press, 2010.
- [36] C. Dede. "Introduction: A sea change in thinking, knowing, learning, and teaching". En G. Salaway y J. Borrenson (Eds.). *The ECAR study of undergraduate students and information technology*. Colorado: EDUCAUSE, 2007, págs. 19-26.
- [37] J. Scheerens, J. W. Luyten, R. Steen y D. H. De Thouars. *Review and meta-analyses of school and teaching effectiveness*. Enschede: Department of Educational Organisation y Management, University of Twente, 2007.
- [38] Ó. Valiente. "1-1 in Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications." *OECD Education Working Papers* (44) (2010), págs. 2-19.
- [39] H. Fleischer. "What is our current understanding of one-to-one computer projects: A systematic narrative research review". *Educational Research Review* 7.(2) (2012), págs. 107-122.
- [40] S. Livingstone. "Critical reflections on the benefits of ICT in education". *Oxford review of education* 38.(1) (2012), págs. 9-24.
- [41] W. Penuel. "Implementation and Effects of One-to-One Computing Initiatives: A Research Synthesis". *Journal of Research on Technology in Education* 38.(3) (2006), págs. 329-348.
- [42] S. R. Hernández. "El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje". *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal* 5 (2008), págs. 26-35.
- [43] J. Cabero y M. Gisbert. *Formación en Internet. Guía para el diseño de materiales didácticos*. Sevilla: MAD, 2005.

- [44] J. Cabero y M. C. Llorente. "Las plataformas virtuales en el ámbito de la teleformación". *Revista electrónica Alternativas de educación y comunicación* (2005). Recuperado el 26-01-2019 de https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/24672/file_1.pdf?sequence=1.
- [45] J. Martín-Barbero. "La razón técnica desafía a la razón escolar". En H. Ospina y A. Martínez (Eds.). Noveduc Libros, 2006, págs. 3-11.
- [46] J. C. Gulek y H. Demirtas. "Learning with technology: The impact of laptop use on student achievement". *The journal of technology, learning and assessment* 3.(2) (2005).
- [47] Comisión Europea. *El Marco de competencias digitales*. 2014. Recuperado el 23-01-2019 de: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competenceframework>.
- [48] J. Sánchez. "Integración curricular de las TICs: conceptos e ideas." *Actas VI Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE*. 2002, págs. 20-22.
- [49] D. L. Orjuelo. "Acercamiento a la integración curricular de las TIC". *Praxis & Saber* 1.(2) (2010), págs. 111-136.
- [50] M. Thomas, H. Reinders y M. Warschauer. *Contemporary computer assisted language learning*. Bloomsbury, 2012.
- [51] R. E. Slavin, N. A. Madden, L. J. Dola y B. A. Wasik. *Every Child, Every School: Success for All*. Thousand Oaks, California: Corwin Press, 1996.
- [52] D. L. Silvernail, C. A. Pinkham, S. E. Wintle, L. C. Walker y C. L. Bartlett. "A Middle School One-to-One Laptop Program: The Maine Experience". *Education Technology* 9 (2011). Recuperado el 20-01-2019 de https://digitalcommons.usm.maine.edu/cepare_technology/9/.
- [53] M. P. Vidal. "Investigación de las TIC en la educación". *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa* 5 (2006), págs. 539-552.
- [54] J. I. Pozo y C. Monereo. "Introducción: la nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambiar nuestras formas de enseñar y aprender". En J. I. Pozo, M. P. Pérez (Eds.). *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*, 2009, págs. 9-28.
- [55] M. A. Zabalza. *La enseñanza universitaria: El escenario y sus protagonistas*. Madrid: Narcea, 2002.
- [56] A. Bolívar. *Diseñar y evaluar por competencias en la Universidad.El EEES como reto*. 2007. ISBN: 978-84-690-8706-0.

- [57] J. P. Comer, M. Ben-Avie, N. M. Haynes y E. T. Joyner. *Child by child: The Comer process for change in education*. Teachers College Press, 1999.
- [58] M. De Miguel. *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias*. Universidad de Oviedo, 2004.
- [59] M. De Miguel. *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Madrid: Alianza, 2014.
- [60] B. Álvarez, C. G. Mieres y N. García. "La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo". *Revista de Docencia Universitaria* 1.(2) (2007). Recuperado el 16-01-2019 de <http://red-u.net/redu/files/journals/1/articles/53/public/53-42-2-PB.pdf>.
- [61] P. J. D. Pan, G. H. M. Pan, C. Y. Lee y S. S. H. Chang. "University students: perceptions of a holistic care course through cooperative learning: Implications for instructors and researchers." *Asia Pacific Education Review* 11.(2) (2010), págs. 199-209.
- [62] T. Rojano. "Incorporación de entornos tecnológicos de aprendizaje a la cultura escolar: proyecto de innovación educativa en matemáticas y ciencias en escuelas secundarias públicas de México". *Revista iberoamericana de Educación* 33.(3) (2003), págs. 135-165.
- [63] L. S. Vygotsky. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, 1979.
- [64] J. A. Martí, M. Heydrich, M. Rojas y A. Hernández. "Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente". *Revista Universidad EAFIT* 46.(158) (2010), págs. 11-21.
- [65] D. Vega-Moreno, X. Cufié, M. J. Rueda y Llinás D. "Integración de robótica educativa de bajo coste en el ámbito de la educación secundaria para fomentar el aprendizaje por proyectos." *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation* 6 (2016), págs. 162-175.
- [66] K. Bain. *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Universitat de València, 2007.
- [67] J. I. Castillo. *Didáctica, organización escolar y didácticas especiales. (Tesis doctoral)*. Recuperado el 15-02-2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=132376>. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2013.
- [68] J. Piaget. *La formación del símbolo en el niño: imitación juego y sueño: imagen y representación*. Fondo de cultura económica de España, 1961.

- [69] N Valeiras y J. Meneses. *Modelo constructivista para enseñanza de las ciencias*. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. In Enseñanza de las ciencias VII congreso. Núm. extra. 2005. Recuperado el 03-02-2018 de <https://core.ac.uk/download/pdf/13308365.pdf>.
- [70] H. Gardner. *Múltiple Intelligences: The Theory in Practice*. Nueva York: Basic Books, 1993.
- [71] R. K. Yin. *Case study research: Design and methods*. (2nd Ed.) London: Sage Publications: Thousand Oaks, 1994.
- [72] M. B. Alfageme. "Modelo colaborativo de enseñanza-aprendizaje en situaciones no presenciales: un estudio de caso". Tesis doct. Universidad de Murcia, 2003.
- [73] D. W. Johnson y R. T. Johnson. "Implementing Cooperative Learning". *Contemporary Education* 63 (1992), págs. 173-180.
- [74] G. Salmon. *E-moderating: The Key to Teaching and Learning Online*. (2nd Ed.) Psychology press, 2004.
- [75] L. Lee. "Going Beyond Classroom Learning: Acquiring Cultural Knowledge via On-Line Chatrooms?" *CALICO Journal* 16 (1998), págs. 101-120.
- [76] J. R. Bourne. "Net-Learning: Strategies for On-Campus and Off-Campus Network-enabled Learning". *Journal of Asynchronous Learning Networks* 2.(2) (1998), págs. 70-88.
- [77] K. Aoki y D. Pogroszewski. "Virtual university reference model: A guide to delivering education and support services to the distance learner". *Online journal of distance learning administration* 1.(3) (1998). Recuperado el 16-01-2019 de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=7BECE530AAE6B0FA12D7C8C74BEA299C?doi=10.1.1.125.887&rep=rep1&type=pdf>.
- [78] G. M. Gómez. "Estudio teórico, desarrollo, implementación y evaluación de un entorno de enseñanza colaborativa con soporte informático (cscl) para matemáticas". Tesis doct. Universidad Complutense de Madrid, 2004.
- [79] H. Fuks, M. Pimentel y C. J. Pereira De Lucena. "RU-Typing-2-Me? Evolving a chat tool to increase understanding in learning activities". *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 1.(1) (2006), págs. 117-142.
- [80] T. Romañá. "Evaluar el trabajo con foros electrónicos: propuesta de un sistema". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)* 4.(2) (2007). Recuperado el 11-01-2019 de <https://www.raco.cat/index.php/RUSC/article/viewFile/74259/94428>.

- [81] M. T. H. Chi, S. A. Siler, H. Jeong, T. Yamauchi y R. G. Hausmann. "Learning from human tutoring". *Cognitive Science* 25.(4) (2001), págs. 471-533.
- [82] S. D. Johnson, C. Suriya, S. W. Yoon, J. V. Berrett y J. La Fleur. "Team development and group processes of virtual learning teams". *Computers & Education* 39.(4) (2002), págs. 379-393.
- [83] A. Soller y A. Lesgold. "Analyzing Peer Dialogue from an Active Learning Perspective". *Proceedings of the AI-ED 99 Workshop: Analysing Educational Dialogue Interaction: towards models that support learning*. Le Mans, France, 1999, págs. 63-71.
- [84] J. M. Serrano. "El aprendizaje cooperativo". Madrid: En J. Beltrán y C. Genovord (Eds.). *Psicología de la Instrucción I: variables y procesos básicos*. Síntesis, 1996, págs. 217-244.
- [85] M. Míguez. "El núcleo de una estrategia didáctica universitaria: motivación y comprensión". *Revista ie-Red: revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa* 1.(3) (2005). Recuperado el 08-01-2019 de <http://revista.iered.org/v1n3/pdf/mmiguez.pdf>.
- [86] A. Cordero, C. Jordán y J. R. Torregrosa. "How do current students face math problems solving?" *Proceedings of 9th International Technology, Education and development Conference*, 2015. ISBN: 978-84-606-5763-7.
- [87] C. H. Crouch y E. Mazur. "Peer instruction: Ten years of experience and results". *American journal of physics* 69.(9) (2001), págs. 970-977.
- [88] G. M. Novak, A. Gavrin, C. Wolfgang y E. Patterson. *Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology*. Pearson, 1999.
- [89] M. J. Lage, G. J. Platt y M. Treglia. "Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment". *The Journal of Economic Education* 31.(1) (2000), págs. 30-43.
- [90] J. Bergmann y A. Sams. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Washington, DC: International Society for Technology in Education, 2012.
- [91] B. Tucker. "The flipped classroom". *Education Next* 12.(1) (2012), págs. 82-83.
- [92] M. L. Sein-Echaluce, Á. Fidalgo y F. J. García-Peñalvo. "Trabajo en equipo y Flip teaching para mejorar el aprendizaje activo del alumnado". *Proceedings del IV Congreso internacional sobre aprendizaje, Innovación y Competitividad, ESPAÑA*. Vol. 10. 2017, págs. 610-615.
- [93] C. Jordán, M. J. Pérez y E. Sanabria. "Investigación del impacto en un aula de matemáticas al utilizar "flip education"". *Pensamiento Matemático* 4.(2) (2014), págs. 9-22.

- [94] B. Love, A. Hodge, N. Grandgenett y A. W. Swift. "Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course". *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 45.(3) (2014), págs. 317-324.
- [95] J. McGivney-Burelle y F. Xue. "Flipping Calculus". *PRIMUS* 23.(5) (2013), págs. 477-486.
- [96] R. Talbert. "Inverted classroom". *Colleagues* 9.(1) (2012). Recuperado el 08-02-2019 de <https://core.ac.uk/download/pdf/10687525.pdf>.
- [97] D. Ingram, B. Wiley, C. Miller y T. Wyberg. *A study of the Flipped Math Classroom in the Elementary Grades*. Saint Paul, NM: University of Minnesota, 2014.
- [98] M. Cronhjort, L. Filipsson y M. Weurlander. "Improved engagement and learning in flipped-classroom calculus". *Teaching Maths. and its Applications* 37 (2017), págs. 113-121.
- [99] C. Turró, A. Cañero y J. Busquets. "Video Learning Objects Creation with Polimedia". *Proceedings of the IEEE International Symposium on Multimedia, USA*. IEEE. 2010, págs. 371-376.
- [100] C. Jordán y A. Conejero. *Aplicaciones de la Teoría de grafos a la vida real (I)*. 2015. Recuperado el 26-01-2019 de <https://www.edx.org/course/aplicaciones-de-la-teoria-de-grafos-la-upvalenciay-tgv201x-1>.
- [101] C. Jordán y A. Conejero. *Aplicaciones de la Teoría de grafos a la vida real (II)*. 2015. Recuperado el 26-01-2019 de <https://www.edx.org/course/aplicaciones-de-la-teoria-de-grafos-la-upvalenciay-tgv201x-1>.
- [102] A. Cordero, C. Jordán, E. Sanabria y J. R. Torregrosa. "Towards a better learning model through OCWs and MOOCs". *IJIMAI* 3.(4) (2015), págs. 26-30.
- [103] C. Jordán, M. J. Pérez y E. Sanabria. "'Flipped classroom': Reflexiones y opiniones de los implicados". *Jornadas de Innovación Educativa y docencia en Red de la Universitat Politècnica de València* 4.(2) (2014), págs. 310-323.
- [104] C. Jordán. *Materiales docentes de la asignatura Estructuras Matemáticas para la Informática II*. 2010. Recuperado el 24-01-2019 de <https://poliformat.upv.es/portal/tool/84c03e80-ebfd-4b23-86ae-c17c0cb716b2/main>.
- [105] R. M. Alcover, C. Jordán, E. Sanabria y E. Vázquez. "¿Qué opinan de la metodología flip teaching los alumnos de nuevo ingreso?" XXIII Congreso universitario de innovación educativa, 2015, págs. 1169-1182, ISBN: 978 8460656111.

- [106] J. Bishop y M. A. Verleger. "The flipped classroom: A survey of the research". *ASEE national conference, Atlanta, GA*. Vol. 30. (9) 2013. Recuperado el 09-01-2019 de <https://www.asee.org/public/conferences/20/papers/6219/view>.
- [107] S. A. Amoo y A. B. Disu. "School Environmental Factors and Mathematics Teaching Effectiveness: Implication for E- Learning". *Library Philosophy and Practice (ejournal)* 837 (2012). Recuperado el 11-01-2019 de <http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/837>.
- [108] R. Arias. *Aprendizaje Colaborativo: Implementación de la Técnica JigSaw en un entorno Google. (Tesis de Maestría)*. Universidad Internacional de La Rioja, Madrid, 2016.
- [109] S. Downes. "New technology supporting informal learning". *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence* 2.(1) (2010), págs. 27-33.
- [110] G. Siemens. "Connectivism: A learning theory for the digital age". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* 2.(1) (2005), págs. 3-10.
- [111] D. W. Johnson, R. T. Johnson y E. J. Holubec. *El aprendizaje cooperativo en al aula*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S.A., 1999.
- [112] Y. Sharan y S. Sharan. *Expanding cooperative learning through group investigation*. New York: Teachers College Press, 1992.
- [113] E. Aronson, N. Blaney, C. Stephin, J. Sikes y M. Snapp. *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company, 1978.
- [114] R. E Slavin. "Ability grouping and student achievement in elementary schools: A best-evidence synthesis". *Review of educational research* 57.(3) (1987), págs. 293-336.
- [115] R. E. Slavin. "Student teams and comparison among equals: effects on academic performance and students attitudes". *Journal of Educational Psychology* 70.(4) (1978), págs. 532-538.
- [116] D. De Vries y R. Slavin. *Teams-Games-Tournaments: A Final Report on Children Tutoring Children*. Baltimore: John Hopkins University, 1976.
- [117] R. E. Slavin, M. Leavey y N. A. Madden. "Combining cooperative learning and individualized instruction: Effects on student mathematics achievement, attitudes, and behaviors". *Elementary School Journal* 84.(4) (1984), págs. 409-422.
- [118] D. W. Johnson y R. T. Johnson. "Conflict in the classroom: Controversy and learning". *Review of Educational Research* 49.(1) (1979), págs. 51-70.

- [119] M. T. Martínez, F. X. Molina y J. Traver. *Formación de competencias y resultados de aprendizaje a través de la Técnica Puzzle de Aronson: una experiencia universitaria para la mejora educativa*. Trabajo presentado en la JAC-11, Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo SPIEU, USE-UJI Castellón. 2011. Recuperado el 17-12-2018 de <http://spie.uji.es/JAC/Revisados/AC/9.pdf>.
- [120] H. Salmerón, S. Rodríguez y C. Gutierrez. "Metodologías que optimizan la comunicación en entornos de aprendizaje virtual". *Comunicar* 17.(34) (2010), págs. 163-171.
- [121] A. García-Valcárcel, V. Basilotta y C. López. "Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria". *Comunicar* 21.(42) (2014), págs. 65-74.
- [122] J. Cabero. "Comunidades virtuales para el aprendizaje". *EduTec: Revista electrónica de tecnología educativa* (20) (2006). Recuperado el 17-01-2019 de: www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/viewFile/510/244.
- [123] M. Vandecandelaere, S. Speybroeck, G. Vanlaar, De Fraine, B., Van Damme y J. "Learning environment and students' mathematics attitude". *Studies in Educational Evaluation* 38.(3-4) (2012), págs. 107-120.
- [124] M. Guitert y M. Perez-Mateo. "La colaboración en la red: hacia una definición de aprendizaje colaborativo en entornos virtuales". *Education in the Knowledge Society (EKS)* 14.(1) (2013), págs. 10-31.
- [125] J. Gil, A. L. Pérez, M. I. Suero, F. Solano y P. J. Pardo. "Evaluation of the effectiveness of a method of active learning based on Reigeluth and Stein's Elaboration Theory". *International Journal of Engineering Education* 26.(3) (2010), págs. 628-641.
- [126] Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española (23rd ed.)* Planeta Publishing., 2014.
- [127] S. P. Narváez. *Uso de "Euclid: The Game" para mejorar la asimilación de conceptos básicos sobre matemáticas. (Tesis de Maestría)*. Universidad Internacional de La Rioja, Madrid, 2017.
- [128] B. Kim. "Designing Gamification in the Right way". *Library Technology Reports* 5.(2) (2015), págs. 29-35.
- [129] L. S. Vygotsky. "Thinking and speech". En R.W. Rieber y A.S. Carton. *The collected works of L. S. Vygotsky. Problems of general psychology*, 1987, New York: Plenum, págs. 39-285.

- [130] R. Tejeiro, M. Pelegrina y J. L. Gómez. "Efectos psicosociales de los videojuegos". *Revista Internacional de comunicación audiovisual, publicidad y literatura* 1.(7) (2009), págs. 235-250.
- [131] J. Nakamura y M. Csikszentmihalyi. "Flow theory and research." En C. R. Snyder y S. J. Lopez (Eds.). *Handbook of positive psychology*. New York: Oxford University Press, 2009, págs. 195-206.
- [132] N. M. Siew, J. Geoffrey y B. N. Lee. "Students' algebraic thinking and attitudes towards algebra: the effects of game-based learning using Dragonbox 12+ App". *The Research Journal of Mathematics and Technology* 10.(2) (2016), págs. 66-78.
- [133] R. Koster y W. Wright. *A theory of fun for game design*. USA: Paraglyph Press, 2004.
- [134] J. Pindado. "Las posibilidades educativas de los videojuegos. Una revisión de los estudios más significativos". *Pixel-bit. Revista de medios y educación* (26) (2005), págs. 55-67.
- [135] N. S. Sánchez y J. A. Aguilar. "Mejora del proceso de evaluación mediante un videojuego (OAE) en el ITFIP Espinal". *Trabajo presentado en III Jornadas de TIC e Innovación en el Aula. 2015*. Recuperado el 11-01-2019 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48701/Documento_completo_...pdf?sequence=3.
- [136] F. Etxeberria. "Videojuegos, consumo y educación". *Revista electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* 9.(3) (2008), págs. 11-28.
- [137] C. Mejía. "Videojuegos y evaluación cognitiva". En Y. Sandoval, A. Arenas, E. López, J. Cabero, J. I. Aquaded. *Las tecnologías de la información en contextos educativos: nuevos escenarios de aprendizaje*. Universidad de Cali: Colombia, 2012, págs. 223-239.
- [138] M. Prensky. "The Digital Game-Based Learning Revolution". *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [139] G. Ocaña. *Robótica educativa - Iniciación*. Madrid: Dextra Editorial S.L., 2015.
- [140] J. Cubero. "Fundamentación psicopedagógica de la selección y uso de los medios de enseñanza". Tesis doct. Tesis de maestría. DDM, UH, 1997.
- [141] A. Porto. "Tareas para capacitarse en el trabajo con los medios". Tesis doct. ICCP, La Habana, 1995.
- [142] R. Serra, G. Vega, A. Ferrat, J. Lunazzi y D. Magalhães. "El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería". *Revista brasileira de ensino de física* 31.(1) (2009). Recuperado el 20-11-2018 de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n1/v31n1a07.pdf>.

- [143] F. Addine, A. M. González y S. C. Recarey. "Principios para la dirección del proceso pedagógico". En G. García (Ed.). *Compendio de pedagogía*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2002, págs. 80-101.
- [144] L. Kerawalla, R. Luckin, S. Seljeflot y A. Woolard. "'Making it real': exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science". *Virtual reality* 10.(3-4) (2006), págs. 163-174.
- [145] H. Lee. "3D holographic technology and its educational potential". *TechTrends* 57.(4) (2013), págs. 34-39.
- [146] T. Balogh, Z. Dobranyi, T. Forgacs, A. Molnar, A. L. Szloboda, E. Gobbetti, F. Marton, F. Bettio, G. Pintore, G. Zanetti, E. Bouvier y R. Klein. "An interactive multi-user holographic environment". *ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies*. 2006. Recuperado el 11-11-2018 de <https://www.dlinnovations.com/dli/wp-content/uploads/white-paper-rendering-for-an-interactive-360-degress-light-field-display.pdf>.
- [147] T. Agocs, T. Balogh, T. Forgacs, F. Bettio, E. Gobbetti, G. Zanetti y E. Bouvier. "A large scale interactive holographic display". *Proceedings of the Virtual Reality Conference*. IEEE. Virginia, USA, 2006, págs. 311-311.
- [148] A. Jones, I. McDowall, H. Yamada, M. Bolas y P. Debevec. "Rendering for an interactive 360 light field display". *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 26.(3) (2007). Recuperado el 10-01-2019 de <https://www.dlinnovations.com/dli/wp-content/uploads/white-paper-rendering-for-an-interactive-360-degress-light-field-display.pdf>.
- [149] H. Ghuloum. "3D hologram technology in learning environment". *Informing Science & IT Education Conference*. Santa Rose CA, 2010, págs 693-704. Recuperado el 11-11-2018 de <http://proceedings.informingscience.org/InSITE2010/InSITE10p693-704Ghuloum751.pdf>.
- [150] A. Cimer. "What makes biology learning difficult and effective; student's view". *Educational Research and Reviews* 7.(3) (2012), págs. 61-71.
- [151] M. García, Y. Segovia, M.J. Gómez, J. M. Sempere, P. Peinado y A. Romero. "Dificultades en el aprendizaje de la Biología Celular según la opinión del alumnado". *XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: Nuevas estrategias organizativas y metodológicas en la formación universitaria para responder a la necesidad de adaptación y cambio*. Vol. 13. Instituto de Ciencias de la Educación. 2015, págs. 2585-2596.
- [152] A. Zeidan. "The relationship between grade 11 Palestinian attitudes toward biology and their perceptions of the biology learning environment". *International Journal of Science and Mathematics Education* 8.(5) (2010), págs. 783-800.

- [153] E. Banet y E. Ayuso. "Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information". *Science Education* 84.(3) (2000), págs. 313-351.
- [154] E. Banet. "La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico". En J.F. Perales y P. Canal (Eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Editorial Marfil. 2000, págs. 449-478.
- [155] T. Ibáñez y M. Martínez. "Solving problems in genetics II: Conceptual restructuring". *International Journal of Science Education* 27.(12) (2005), págs. 1495-1519.
- [156] F. J. Íñiguez y M. Puigcerver. "Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10.(3) (2013), págs. 307-327.
- [157] P. E. McKnight y J. Najab. "Mann-Whitney U Test". En I. B. Weiner y W. E. Craighead (Eds.). *The Corsini encyclopedia of psychology*, 2010. DOI: 10.1002/9780470479216.corpsy0524.
- [158] L. J. Blanco y M. Barrantes. "Concepciones de los estudiantes para maestro en España sobre la Geometría escolar y su enseñanza-aprendizaje." *Revista latinoamericana de investigación en matemática Educativa* 6.(2) (2003), págs. 107-132.
- [159] I.M. Gómez-Chacón. *Matemática emocional: los afectos en el aprendizaje matemático*. Vol. 83. Madrid: Narcea Ediciones, 2000.
- [160] J. A. Villella. *Uno, dos, tres—geometría otra vez: de la intuición al conocimiento formal en la EGB*. Buenos Aires: Aique, 2001.
- [161] R. Fabres. "Estrategias metodológicas para la enseñanza y el aprendizaje de la geometría, utilizadas por docentes de segundo ciclo, con la finalidad de generar una propuesta metodológica atinente a los contenidos". *Estudios pedagógicos (Valdivia)* 42.(1) (2016), págs. 87-105.
- [162] T. Fujita y K. Jones. "The Bridge between Practical and Deductive Geometry: developing the "geometrical eye"". En A.D. Cockburn y E. Noard (Eds.). *Proceedings of the 26th PME International Conference 2*, 2002, págs. 384-391. ISBN: 0953998363.
- [163] A. K. Schonberger. "The relationship between visual spatial abilities and mathematical problem solving. Are there sex-related differences?" En D. Tall (Ed.), *Proceedings of the 3rd PME International Conference, I*, 2002, págs. 179-185.
- [164] Á. Gutiérrez. "Las representaciones planas de cuerpos 3-dimensionales en la enseñanza de la geometría espacial". *Revista Ema* 3.(3) (1998), págs. 193-220.

-
- [165] K. Owens y L. Outhred. "The complexity of learning geometry and measurement". En Á. Gutiérrez, P. Boero (Eds.) *Handbook of research on the psychology of mathematics education Past, present and future*. 3ª ed. The Netherlands: Sense Publishers, 2006, págs. 83-115. ISBN: 9077874194.
- [166] A. J. Bishop. "Spatial abilities and mathematics education: A review". *Educational studies in mathematics* 11.(3) (1980), págs. 257-269.
- [167] D. H. Clements y M. T. Battista. "Geometry and spatial reasoning". En D. A. Grouws (Ed.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan, 1992, págs. 420-464.
- [168] J. De la Torre, N. Martín-Dorta, J. L. S. Pérez, C. C. Carrera y M. C. González. "Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional". *Revista de Educación a Distancia* (37) (2013). Recuperado el 06-01-2019 de <https://revistas.um.es/red/article/view/234041/179811>.
- [169] P. Heinrich. "The iPad as a tool for education: A study of the introduction of iPads at Longfield Academy, Kent". *Nottingham: NAACE: The ICT Association* (2012). Recuperado el 09-01-2019 de https://learningfoundation.org.uk/wp-content/uploads/2015/12/Longfield-The_iPad_as_a_Tool_for_Education.pdf.
- [170] M. Jiménez y R. Cerdas. "La robótica educativa como agente promotor del estudio por la ciencia y la tecnología en la región atlántica de Costa Rica". *Proceedings del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Buenos Aires, Argentina. 2014. Recuperado el 22-01-2019 de <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/381.pdf>.
- [171] A. L. Acuña. *Robótica y aprendizaje por diseño*. Inf. téc. EDUCACIÓN AÑO XLVIII XLIX, 2009.
- [172] J. Maloney, M. Resnick, N. Rusk, B. Silverman y E. Eastmond. "The scratch programming language and environment". *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 10.(4) (2010). Recuperado el 13-01-2019 de <http://web.media.mit.edu/~jmaloney/papers/ScratchLangAndEnvironment.pdf>.
- [173] M. Kandlhofer y G.d Steinbauer. "Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical-and social-skills and science related attitudes". *Robotics and Autonomous Systems* 75 (2016), págs. 679-685.
- [174] C. Kim, D. Kim, J. Yuan, R. B. Hill, P. Doshi y C. N. Thai. "Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching". *Computers & Education* 91 (2015), págs. 14-31.

- [175] M. Pisciotta, B. Vello, C. Bordo y G. Morgavi. "Robotic competition: A classroom experience in a vocational school". En A. Kallel, A. Hassairi, C.A. Culucee y N. Mastoriks (Eds.) *Actas del 6th International Conference on Educational Technologies*. Kantoui, Tunisia: WSEAS Press, 2010, págs. 151-156.
- [176] M. A. García, C. Deco y C.A. Collazos. "Estrategias basadas en robótica para apoyar el pensamiento computacional". *XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*. 2016. Recuperado el 03-01-2019 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56279/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1.
- [177] P. Mishra y M. J. Koehler. "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge". *Teachers college record* 108.(6) (2006), pág. 1017.
- [178] D. Bazylev, A. Margun, K. Zimenko, A. Kremlev y E. Rukujzha. "Participation in Robotics Competition as Motivation for Learning". *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 152 (2014), págs. 835-840.
- [179] D. Vega-Moreno, X. C. Solé, M. J. Rueda y D. Llinás. "Integración de robótica educativa de bajo coste en el ámbito de la educación secundaria para fomentar el aprendizaje por proyectos". *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation* (6) (2016), págs. 162-175.
- [180] A. Odorico. "Marco teórico para una robótica pedagógica". *Revista Informática Educativa y Medios Audiovisuales* 1.(3) (2004), págs. 34-46.
- [181] J. Alcober, S. Ruiz y M. Valero. "Evaluación de la implantación del aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2001-2003)". *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Vilanova i la Geltrú*. Vol. 23. 2003. Recuperado el 14-01-2019 de <https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=14589/2011/1/54324/40149-3444.pdf>.
- [182] J. F. Kelly y J. Daudelin. *First lego league: the unofficial guide*. No Starch Press (1ª edición), 2012. ISBN: 1593271859.
- [183] Y. Ma y D. C. Williams. "The potential of a First LEGO League robotics program in teaching 21st century skills: An exploratory study". *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)* 6.(2) (2013), págs. 13-28.
- [184] Ministerio de Educación y formación profesional. *Programación, Robótica y Pensamiento computacional en el aula*. 2018. Recuperado el 22-12-2018 de <http://code.intef.es/wp-content/uploads/2018/10/Ponencia-sobre-Pensamiento-Computacional.-Informe-Final.pdf>.

Diferentes experiencias de aprendizaje en ciencias y matemáticas a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación

Lara Orcos Palma

La presente tesis doctoral se basa en un conjunto de diferentes estudios cuyo hilo conductor es el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en las áreas de ciencias y matemáticas, para conseguir aumentar los resultados de aprendizaje y la motivación de los alumnos en relación a dichas áreas en las etapas de educación preuniversitaria y universitaria.

Los estudios realizados tratan por un lado, sobre foros virtuales, metodología flip y el uso de un videojuego educativo, aplicadas a la etapa universitaria y, por el otro, sobre aprendizaje colaborativo en entornos online, holografía y robótica, aplicadas a la etapa preuniversitaria. La metodología se ha basado en una investigación de tipo exploratoria, pre-experimental y cuasi-experimental y de corte transversal. En todas las aportaciones se recogen los aspectos teóricos que fundamentan las experiencias llevadas a cabo y el análisis cuantitativo y/o cualitativo de los datos recogidos. En general, los resultados obtenidos en los estudios muestran un significativo aumento de los resultados de aprendizaje y de la motivación de los alumnos.



Lara Orcos Palma, nacida el 15 de mayo de 1987 en Logroño. Licenciada en Química por la Universidad de La Rioja en 2009 y Licenciada en Bioquímica por la Universidad de Salamanca en 2011, obtuvo el Título de Máster en Formación de Profesorado por la Universidad de la Rioja en 2012 y el Título de Máster en Ciencia y Tecnología Química por la Universidad Nacional de Educación a Distancia en 2014. Presenta esta Tesis Doctoral para la obtención del Título en Doctora en Matemáticas y su Didáctica.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

EDITORIAL