Implementación y evaluación de actividades interdisciplinarias mediante applets dinámicas para el estudio de la geometría

María José García⁽¹⁾, Isabel Eguía⁽²⁾, Paulo Etxeberria⁽¹⁾ y Elisabete Alberdi⁽²⁾

(1) Escuela de Ingeniería de Bilbao, Dpto. Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería, Paseo Rafael Moreno "Pitxitxi", nº 2, 48013 Bilbao-España (Correo-e: mariajose.garcialopez@ehu.eus; paulo.etxeberria@ehu.eus)

(2) Escuela de Ingeniería de Bilbao, Dpto. Matemática Aplicada, Paseo Rafael Moreno "Pitxitxi", nº 2, 48013 Bilbao-España (Correo-e: isabel.egui@ehu.eus; elisabete.alberdi@ehu.eus)

Recibido May. 16, 2019; Aceptado Jul. 10, 2019; Versión final Ago. 1, 2019, Publicado Feb. 2020

Resumen

En este trabajo se presenta la implementación de actividades interdisciplinarias para el aprendizaje de la geometría, utilizando applets dinámicas programadas en GeoGebra. Estas actividades se desarrollan en dos asignaturas básicas de ingeniería: Álgebra y Geometría y Expresión Gráfica. Las actividades se han propuesto tanto en sesiones presenciales como en no presenciales fomentando la interactividad y el aprendizaje autónomo. Se ha evaluado la actividad interdisciplinar, el uso del software y la adquisición de conocimientos por parte del alumnado. La evaluación ha mostrado que los estudiantes valoran positivamente las tareas propuestas y la utilización del programa informático elegido para desarrollarlas. Además, les ha facilitado la comprensión y profundización de conceptos geométricos. Por ello, la integración de GeoGebra en el proceso enseñanza-aprendizaje de la geometría ha sido satisfactorio, aunque el profesorado piensa que el alumnado debe ser más consciente de la relación existente entre las dos materias.

Palabras clave: geometría analítica; geometría descriptiva; interdisciplinariedad; GeoGebra; applet

Implementation and assessment of interdisciplinary activities through dynamic applets for the study of geometry

Abstract

This paper presents the implementation of interdisciplinary activities for the learning of geometry, using dynamic applets programmed in GeoGebra. These activities are developed in two basic engineering subjects: Algebra and Geometry and Graphical Expression. The activities have been proposed both in face-to-face sessions and on-line sessions, promoting interactivity and autonomous learning. The interdisciplinary nature of the activities, the use of software and the acquisition of knowledge by students have been evaluated. The evaluation has shown that students positively value the proposed tasks and the use of the software chosen to develop them. In addition to that, it has facilitated the understanding and deepening of geometric concepts. Therefore, the integration of GeoGebra in the teaching-learning process of geometry has been satisfactory, although lecturers think that students should be more aware of the relationship between the two subjects.

Keywords: analytic geometry; descriptive geometry; interdisciplinarity; GeoGebra; applet

INTRODUCCIÓN

La acción innovadora en la práctica docente que se plantea en este trabajo se concreta tanto en el diseño de actividades interdisciplinares de aprendizaje como en su implementación y evaluación. Estas actividades están dirigidas al alumnado de primer curso del grado en Ingeniería Civil que se imparte en la Escuela de Ingeniería de Bilbao de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Las asignaturas objeto de estudio son materias básicas relacionadas con la geometría: Álgebra y Geometría y Expresión Gráfica. En el primer caso se aborda la geometría desde el punto de vista analítico y en el segundo desde el punto de vista gráfico. La geometría es una materia muy teórica, abstracta y complicada de asimilar, para la que se necesita gran capacidad de razonamiento. Las principales dificultades a las que se enfrenta el alumnado, al estudiarla, son debidas tanto a la comprensión del lenguaje matemático como a la capacidad de visualización espacial, presentes en el contexto geométrico. Por el contrario, el estudio de esta materia favorece el desarrollo de varias capacidades en los alumnos: percepción visual, pensamiento lógico y aplicación a diversos problemas (Barrantes y Balletbo, 2012).

La percepción visual es una actividad del razonamiento o proceso cognitivo basada en el uso de elementos visuales o espaciales, tanto mentales como físicos, utilizados para resolver problemas y analizar propiedades. Fernández (2013) concluye que se deben implementar acciones formativas centradas en el desarrollo de habilidades y procesos visuales para la enseñanza y aprendizaje de la geometría. De la experiencia docente del profesorado que participa en este trabajo se puede extraer que el alumnado que accede a la universidad presenta una carencia en conceptos básicos relacionados con la geometría que dificulta el correcto seguimiento de las asignaturas mencionadas (Etxeberria et al., 2017). Por otra parte, los alumnos no siempre son capaces de relacionar conocimientos elementales de diferentes materias con la misma base conceptual por lo que es necesaria una relación interdisciplinar entre las asignaturas que abordan los conceptos geométricos. Existen diversas experiencias donde se trabajan actividades interdisciplinares en diferentes áreas que así lo manifiestan (González et al., 2015; Villalonga et al., 2016). En Sandín et al. (2016) se evalúa una propuesta interdisciplinar y se concluye que la coordinación entre docentes y el trabajo para interconectar asignaturas es muy oportuno para dotar a los estudiantes de una formación global.

Por otra parte, uno de los retos que ha tenido el sistema educativo en las dos últimas décadas ha sido el de introducir las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En la actualidad los procesos de enseñanza-aprendizaje no sólo se producen en un entorno presencial, sino que muchos de ellos pueden llevarse a cabo fuera del contexto de la clase tradicional mediante actividades no presenciales. El escenario actual resulta más adecuado para el uso combinado de experiencias que para opciones de carácter exclusivo de una u otra modalidad formativa. Es por ello que lo lógico es que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea combinado; con actividades que requieren la presencia directa y con actividades que el alumnado puede realizar no presencialmente. Éstas últimas normalmente se llevan a cabo apoyándose en portales de internet de ayuda didáctica, como puede ser el caso de eGela en la UPV/EHU. La utilización de aulas virtuales ha sido una de las consecuencias de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs). Hoy en día es habitual que los estudiantes tengan un aula física y un aula virtual, como también resulta normal la utilización de material dinámico e interactivo basado en las TIC.

En este sentido, el profesorado ha tenido que analizar si en sus asignaturas hay cabida para las TIC, la aportación que harán éstas en el caso de utilizarlas y la función que van a desempeñar los profesores en este contexto. Es consecuencia de esto la variedad de recursos TIC (software, aulas virtuales, pizarras electrónicas, etc.) que son parte del sistema educativo en la actualidad. En la literatura existen numerosos ejemplos de la utilización de las TIC en la enseñanza superior (Aliyev, 2011; Hodanova, 2016) así como reflexiones sobre el uso de las mismas (Caballero et al., 2017; Castro et al., 2007; Hennessy et al., 2005) donde se pone de manifiesto que fomentan la interactividad, el aprendizaje autónomo, la adquisición de diferentes competencias transversales, etc. (Silva, 2011). Además, los estudiantes se suelen mostrar favorables a la utilización de este tipo de herramientas (González et al., 2016).

Existen numerosas experiencias en las que se han trabajado diferentes aspectos de la docencia de la geometría con software dinámico (GeoGebra en la mayor parte de los casos). Cotic (2014) utiliza GeoGebra en la enseñanza de la geometría plana; Kutluca (2013) lo emplea para la creación de formas geométricas. Lasa y Wilhelmi (2013) exploran la posibilidad de utilizar el programa en entornos de aprendizaje colaborativo. Jelatu et al. (2018) recomiendan el uso de GeoGebra en la enseñanza de matemáticas, especialmente en la docencia de la geometría. En el ámbito de la expresión gráfica pueden mencionarse experiencias en el diseño CAD (Perez-Arribas, 2012), en el diseño de superficies avanzadas para ingeniería (Tomiczková y Lávička, 2013) y en la docencia de la expresión gráfica arquitectónica (Cisneros y Cabezas, 2016). En una línea similar, Gómez-Tone (2019) emplea la tecnología 3D-PDF (que permite la manipulación dinámica de elementos 3D) en la enseñanza de la geometría descriptiva. En materias técnicas propias de los estudios de ingeniería, Iriarte

et al. (2014) han utilizado GeoGebra en la enseñanza de la teoría de mecanismos, y Manzano et al. (2017) en aplicaciones de cinemática.

Con el objeto de abordar una respuesta a las dificultades que el alumnado presenta en la asimilación de algunos conceptos geométricos, se plantea una propuesta interdisciplinar mediante la integración de un software en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con esta herramienta se pretende aprovechar las utilidades que proporciona la retroalimentación inmediata y continua para favorecer la mejor adquisición de los conceptos de forma que se realice de la manera más eficiente y efectiva (Ali et al., 2013). De esta manera, se implica al alumnado de manera activa en su proceso de aprendizaje mediante un proceso basado en actividades.

METODOLOGÍA

En este trabajo se ha utilizado GeoGebra para ayudar en la comprensión de conceptos geométricos. Como se ha dicho anteriormente, la experiencia se ha desarrollado en las materias de primer curso: Álgebra y Geometría y Expresión Gráfica. En la Tabla 1 se muestran las características de las asignaturas en cuanto a los créditos ECTS (European Credit Transfer System: Sistema Europeo de Transferencia de Créditos) y las modalidades docentes que se utilizan en el desarrollo de las mismas.

Tabla 1: Tipologías docentes y créditos de ambas materias

	Tipologías docentes	Horas		
		Presenciales	No presenciales	Totales
Expresión Gráfica 6 ECTS/ 1º C	M	60	90	150
	PA	0	0	0
	PO	0	0	0
Álgebra y Geometría 6 ECTS/ 1º C	M	37,5	56,25	93,75
	PA	15	22,5	37,5
	PO	7,5	11,25	18,75
M: Clase magistral		PA: Prácticas de aula	PO: Prácticas de ordenador	C: Cuatrimestre

Los conceptos trabajados forman parte del programa de las materias anteriormente citadas (ver Figura 1); el 25 % de los temas de Expresión Gráfica y el 20 % de los de Álgebra y Geometría son comunes, aunque tratados desde diferentes puntos de vista.

Fig.1: Esquema de contenidos de ambas materias

Una vez analizada las diferentes opciones adecuadas para nuestro planteamiento se determinó que el software idóneo por su facilidad de uso e interactividad era el GeoGebra. Este es un software de código abierto disponible gratuitamente para fines no comerciales. Resulta adecuado para la creación de aplicaciones

geométricas dinámicas, la realización de representaciones gráficas o para el tratamiento algebraico de objetos matemáticos (<https://www.geogebra.org>). El carácter dinámico de GeoGebra permite la implicación de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante una retroalimentación inmediata, la utilización de imágenes, la explicación de procedimientos, etc. La naturaleza de la geometría resulta propicia para el diseño de materiales dinámicos e interactivos por lo que se han diseñado varias actividades interdisciplinarias (applets). Estas applets apoyan y mejoran la comprensión de conceptos geométricos comunes a ambas asignaturas. Por una parte, los estudiantes representan objetos matemáticos y por otra, descubren las conexiones entre éstos y su representación gráfica. Para su diseño se han tenido en cuenta conceptos comunes de manera que el alumnado sea consciente de la transversalidad de las diferentes materias que conforman su currículo.

Con el objeto de analizar el desarrollo de la propuesta se han realizado una serie de encuestas que por una parte miden los conocimientos previos sobre los temas tratados en las actividades y por otra la percepción del alumnado sobre la utilidad del software para la mejor comprensión de los conceptos geométricos además de la relación entre las materias objeto de estudio.

La metodología seguida se resume en las siguientes líneas: 1) diseño de actividades de aprendizaje; 2) desarrollo de las actividades en el aula mediante applets programadas con el software GeoGebra; 3) evaluación del sistema mediante una encuesta previa y posterior a cada actividad; y 4) en los casos de actividades interdisciplinarias la evaluación se realiza una vez terminadas las mismas. Las actividades propuestas se desarrollan en las POs (Prácticas de ordenador) en la asignatura de Álgebra y Geometría de manera presencial. Las sesiones tienen dos horas de duración en las cuales se ofrece información sobre el manejo del programa GeoGebra a la vez que se explican los conceptos y las directrices básicas para abordar los problemas planteados.

El alumnado interactúa con el programa modificando parámetros y esto le permite a través de la visualización de los conceptos, profundizar y comprender mejor los mismos. Como muestran las experiencias de De la Cruz (2018) y de Zulnadi (2017), GeoGebra es capaz de mejorar el conocimiento conceptual y procesal de los estudiantes, lo que al mismo tiempo mejora significativamente el rendimiento de los estudiantes además de ser muy beneficioso para el estudio de las matemáticas. Además, permite al alumnado una confrontación entre lo que predice y lo que observa posibilitando una discusión entre ambas (Laborde, 2002). No obstante, cuando se trabaja con geometría dinámica la aprehensión perceptual, que sirve para ver las figuras y las visualizaciones icónicas no siempre conduce a la aprehensión operativa, por lo que es necesaria una formación técnica del profesorado y un refuerzo matemático por parte del estudiante para poder desarrollar toda la potencialidad de este tipo de herramientas (Gomez-Chacón et al., 2016).

En el caso de las actividades desarrolladas en el ámbito de la Expresión Gráfica se ha tenido en cuenta que el programa ya era conocido por el alumnado. Por lo cual las prácticas propuestas han incluido ejercicios que se abordan desde ambas materias y se realizan en las horas no presenciales. Una vez realizadas estas prácticas el profesorado evalúa las actividades desde su ámbito de conocimiento. Además, el alumnado realiza una encuesta que recoge su percepción sobre las actividades interdisciplinarias. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de una de las actividades interdisciplinarias realizadas, tal y como se le presenta al alumnado. Se proporcionan los enunciados de la actividad con el lenguaje propio de cada asignatura, pero con un planteamiento común, de forma que los resultados obtenidos sean iguales.

Enunciado 1: en la asignatura Expresión Gráfica: "AB" es el segmento de mínima distancia entre las rectas "r" (paralela al plano α y contiene a A) y "s" (paralela al plano β y contiene a B). Dibujar las rectas y calcular la longitud del segmento.

Enunciado 2: en la asignatura Álgebra y Geometría: Sean los puntos A(5,1,4) y B(5,5,4) que definen el segmento de mínima distancia entre las rectas "r" (paralela al plano α y contiene a A) y "s" (paralela al plano β y contiene a B). Hallar las rectas y la longitud del segmento. Datos: α ($x+y+z-12=0$) y β ($4x+5y+2z-60=0$).

En la Figura 3 se presenta la solución gráfica del enunciado anterior junto a su protocolo de construcción. Hay que destacar que para la asignatura de Expresión Gráfica es muy interesante la posibilidad que ofrece el programa de visualización del protocolo de resolución ya que posibilita su extrapolación para resolver ejercicios similares y así poder crear bibliotecas de soluciones.

En lo referente a la evaluación del estudio, mediante las encuestas se han medido, entre otros, tres aspectos: la idea que el alumnado tiene de la relación entre los conceptos geométricos impartidos en ambas materias, la idoneidad y utilidad del uso de GeoGebra y la percepción acerca de la propuesta de actividades realizadas. Los ítems que se analizan en este trabajo son los siguientes: 1) existe una relación entre los conceptos

geométricos explicados en geometría descriptiva y los explicados en geometría analítica; 2) el conocimiento de los conceptos en una de las materias me ayuda a entender los de la otra; 3) la metodología seguida me ha ayudado en el aprendizaje; 4) la práctica realizada me ha resultado interesante; 5) el uso de GeoGebra me ha ayudado a visualizar y comprender mejor los conceptos geométricos; 6) el uso de GeoGebra me ha ayudado a analizar y solucionar problemas en el ámbito de la geometría; 7) el uso de GeoGebra ha favorecido mi capacidad de aprendizaje autónomo; y 8) el uso de GeoGebra aumenta mi interés por las asignaturas. Otro de los aspectos evaluados ha sido la aportación del uso del programa para la profundización y aplicación de conceptos geométricos. Para esto último se han comparado las encuestas realizadas antes y después de cada actividad.

Fig.2: Ejemplo de una actividad interdisciplinar

Fig.3: Ejemplo de solución en GeoGebra de la actividad anterior

RESULTADOS

Se presentan a continuación los datos obtenidos de las encuestas realizadas antes y después de las actividades. El rango de los ítems valorados está comprendido entre 1 (nada de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo). El número de alumnos matriculados en estas asignaturas es 115. Al tratarse de una actividad interdisciplinar el profesorado quería conocer si el alumnado es consciente de la relación existente entre ambas materias en lo relativo a los conceptos geométricos. De la Figura 4 se deduce que, aunque el alumnado parece percibir la relación, ésta no es lo suficientemente elevada, según la consideración del profesorado. El alumnado ha valorado positivamente la realización de las tareas propuestas como se muestra en la Figura 5. Se observa que la metodología llevada a cabo ha favorecido el aprendizaje del alumnado y además les ha resultado interesante. Es de destacar que más del 90% del alumnado ha realizado las actividades propuestas.

El alumnado se ha mostrado bastante satisfecho con la utilización del software elegido. Se demuestra que el programa GeoGebra facilita la visualización y comprensión de los conceptos geométricos y sirve para el análisis y resolución de problemas. Además, parece que favorece el aprendizaje autónomo y aumenta su interés por la geometría como se muestra en la Figura 6. Como era previsible, los resultados que se muestran en la Figura 7, sobre la percepción de los conocimientos geométricos y la capacidad para la resolución de problemas, han aumentado tras la realización de las actividades propuestas, a pesar de que el profesorado considera que los datos son mejorables.

Fig.4: Gráfico de percepción del alumnado con respecto a la relación entre materias

Fig.5: Gráfico de percepción del alumnado con respecto a la propuesta

Fig. 6: Gráfico de percepción del alumnado sobre la utilización de GeoGebra

Fig. 7: Gráfico de percepción del alumnado sobre sus conocimientos antes y después del uso de GeoGebra

DISCUSION FINAL

Tras haber realizado un análisis de las competencias y de los programas de las asignaturas Álgebra y Geometría y Expresión Gráfica I de primer curso de grado de las titulaciones impartidas en nuestro Centro relacionadas con la Geometría, se ha detectado que un buen número de conceptos que deben ser adquiridos en ambas materias eran coincidentes. El contenido del temario común representa aproximadamente el 90% de la parte de Geometría Analítica de la asignatura Álgebra y Geometría y el 30% de la asignatura Expresión Gráfica I.

Uno de los objetivos de este proyecto ha sido establecer actividades desde distintas áreas de conocimiento para desarrollar conceptos y contenidos de asignaturas diferentes de forma que el alumnado desarrolle competencias transversales. Además, teniendo en cuenta la naturaleza dinámica de la geometría, se han desarrollado materiales dinámicos e interactivos mediante el software libre GeoGebra. Se trata de un software dinámico de código abierto que abarca conceptos relacionados con el álgebra y la geometría, y que resulta apto para trabajar construcciones geométricas dinámicas, realizar representaciones gráficas y para el tratamiento algebraico de objetos matemáticos.

El desarrollo de actividades interdisciplinares ha sido valorada positivamente tanto por los docentes como por los estudiantes que han participado en el proyecto, y ha servido para aumentar el interés por la geometría de estos últimos. Entre las dificultades encontradas durante el proceso, cabe destacar que ha requerido un esfuerzo adicional por parte del profesorado de diferentes áreas en cuanto a coordinación. Asimismo, tampoco ha resultado fácil la elección del período de realización de esta propuesta, debido a que las programaciones de ambas asignaturas tienen diferentes cadencias. En general, la valoración global de esta propuesta ha sido positiva puesto que el alumnado se ha mostrado receptivo a la hora de realizar las tareas propuestas y considera que la metodología seguida y las actividades realizadas le han ayudado en la adquisición y profundización de conceptos geométricos. También ha sido adecuada la elección del software, puesto que ha servido al alumnado para mejorar la comprensión de los conceptos geométricos y facilitar la resolución de problemas.

CONCLUSIONES

De acuerdo al trabajo presentado y a los resultados obtenidos, se pueden plantear las siguientes conclusiones principales:

- 1.- La realización de actividades interdisciplinares es adecuada para el desarrollo del conocimiento transversal en materias como la geometría. El uso de un software dinámico como GeoGebra favorece el diseño y desarrollo de actividades interdisciplinares.
- 2.- La percepción sobre los conocimientos geométricos y la capacidad para la resolución de problemas de los alumnos han aumentado tras la realización de las actividades propuestas, a pesar de que el profesorado considera que los datos son mejorables.
- 3.- Sería interesante la elaboración de un catálogo más amplio de actividades interdisciplinares y un repositorio de applets que sirvan de uso compartido tanto para el docente como para el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al Vicerrectorado de Innovación, Compromiso Social y Acción Cultural de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), quien a través del SAE/HELAZ ha subvencionado este proyecto.

REFERENCIAS

- Ali, M.F., G. Joyes y L. Ellison, *Using blended learning to enhance students' cognitive presence*, doi:10.1109/ICICM.2013.42, 2013 International Conference on Informatics and Creative Multimedia, 202-208 (2013)
- Aliyev, Y.N., *Use of dynamic geometry software in teaching and research*, doi: 10.1109/ICAICT.2011.6110920, 2011 5th International conference on application of information and communication technologies (2011)
- Barrantes, M. e I. Balletbo, *Referentes principales sobre la enseñanza de la geometría en Educación Secundaria*, Campo Abierto. Revista de Educación, 31(2), 139-162 (2012)
- Caballero, B.M., E. Bilbao y otros 9 autores, *Integración de TIC en el área de ingeniería. Diseño e implementación de actividades interactivas*, doi: <http://dx.doi.org/10.15304/ie.27.4273>, Innovación Educativa, 27, 265-283 (2017)
- Castro, S., B. Guzmán y D. Casado, *Las Tic en los procesos de enseñanza y aprendizaje*, Laurus Revista de Educación, 13(23), 213-234 (2007)

- Cisneros J.J. y P.M. Cabezas, *La innovación en la enseñanza de la geometría descriptiva. El uso de las herramientas digitales y el estudio de casos reales*, doi: 10.4995/MSEL.2016.4554, *Modelling in science education and learning*, 9(2), 109-119 (2016)
- Cotic, N.S., *GeoGebra como puente para aprender matemática*, Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Artículo 1179 (2014)
- De la Cruz, N.G., *GeoGebra and Performance of Students in Plane and Solid Geometry*, doi: 10.1166/asl.2018.12535, *Advanced science letters*, 24(11), 8254-8256 (2018)
- Fernández, T., *La investigación en visualización y razonamiento espacial. Pasado, presente y futuro*, *Investigación en Educación Matemática XVII*, 20-42, (2013)
- Etzeberria, P., E. Alberdi, I. Eguia y M.J. García, *Análisis del Rendimiento Académico en Relación al Perfil de Ingreso del Alumnado e Identificación de Carencias Formativas en Materias Básicas de dos Grados de Ingeniería*, *Formación Universitaria*, 10(4), 67-74 (2017)
- Gómez-Chacón, I.M, F. Botana, J. Escribano y M. A. Abanades, *Concepto de Lugar Geométrico. Génesis de Utilización Personal y Profesional con Distintas Herramienta*, doi: 10.1590/1980-4415v30n54a04, *Bolema* 30(54), 67-94 (2016)
- Gómez-Tone, H.C., *Impacto de la Enseñanza de la Geometría Descriptiva usando Archivos 3D-PDF como Entrenamiento de la Habilidad Espacial de Estudiantes de Ingeniería Civil en el Perú*, *Formación Universitaria*, 12(1), 73-82 (2019)
- González, M.A., K.V. Perdomo e Y. Pascuas, *Aplicación de las Tics en modelos educativos blended learning. Una revisión sistemática de literatura*, doi: <http://dx.doi.org/10.18634/sophiaj.13v.li.364>, *Sophia*, 13(1), 144-154 (2016)
- González, M.A., L. García y otros tres autores, *Propuesta de actividades con un enfoque interdisciplinario que favorezca la integración de las disciplinas de Ciencias Básicas*, *Educación Médica Superior*, 29(3) (2015)
- Hennessy, S., K. Ruthven y S. Brindley, *Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change*, *Journal of Curriculum Studies*, 37(2), 155-192 (2005)
- Hodanova, J., *Modern technology implementation in future mathematics teachers training*, doi: 10.21125/iceri.2016.0836, 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation, 8010-8015 (2016)
- Iriarte X., J. Aginaga y J. Ros, *Teaching Mechanism and Machine Theory with GeoGebra*, doi: 10.1007/978-3-319-01836-2_23, *New trends in educational activity in the field of mechanism and machine theory*, 19(10), 211-219 (2014)
- Jelatu, S., S. Sariyasa e I. Made-Ardana, *Effect of GeoGebra-Aided REACT Strategy on Understanding of Geometry Concepts*, doi: 10.12973/iji.2018.11421a, *International journal of instruction*, 11(4), 325-336 (2018)
- Kutluca, T., *The effect of geometry instruction with dynamic geometry software; GeoGebra on Van Hiele geometry understanding levels of students*, *Educational Research and Reviews*, 8(17), 1509-1518 (2013)
- Laborde, C., *Integration of Technology in the Design of Geometry Tasks with Cabri-Geometry*, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283-317 (2002)
- Lasa, A. y M.R. Wilhelmi, *Use of Geogebra in explorative, illustrative and demonstrative moments*, *Revista do instituto GeoGebra de Sao Paulo*, 2(1), 52-64 (2013)
- Manzano F.J., M. Gómez y J. Mozo-Fernández, *Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM*, doi: <http://dx.doi.org/10.24310/innoeduca.2017.v3i1>, *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 3(1), 15-27 (2017)
- Perez-Arribas F., *Teaching Computer Aided Design with the use of GeoGebra*, *GGIJRO. GeoGebra International Journal of Romania*, 2(1), 245-260 (2012)
- Sandín, N., X. Lazo y M. Giménez, *Trabajando la integración interdisciplinar: Evaluación de una actividad puente entre dos asignaturas del Grado en Ciencias Ambientales*, *Revista de Docencia Universitaria*, 14(1), 245-260 (2016)
- Silva, J.E., *Diseño y moderación de entornos virtuales de aprendizaje (EVA)*, Edición: primera, 1-165, Editorial UOC, Barcelona, España. (2011)
- Tomiczková, S. y M. Lávička, *Computer-Aided Descriptive Geometry Teaching, Computers in the Schools*, doi:10.1080/07380569.2013.764480, *Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 30(1-2), 48-60 (2013)
- Villalonga-González, M., M. Ugarte-Marchena, N. Aguirre-Azahares y R. García-Lora, *Actividades interdisciplinarias en las asignaturas Ingeniería de Procesos I y Química General I en primer año de la carrera de Ingeniería Química*, *Revista cubana de química*, 28(1), 394-408 (2016)
- Zulnadi, H. y S. Zamri, *The Effectiveness of the GeoGebra Software: The Intermediary Role of Procedural Knowledge On Students' Conceptual Knowledge and Their Achievement in Mathematics*, doi: 10.12973/eurasia.2017.01219a, *Eurasia journal of mathematics science and technology education*, 13(6), 2155-2180 (2017)