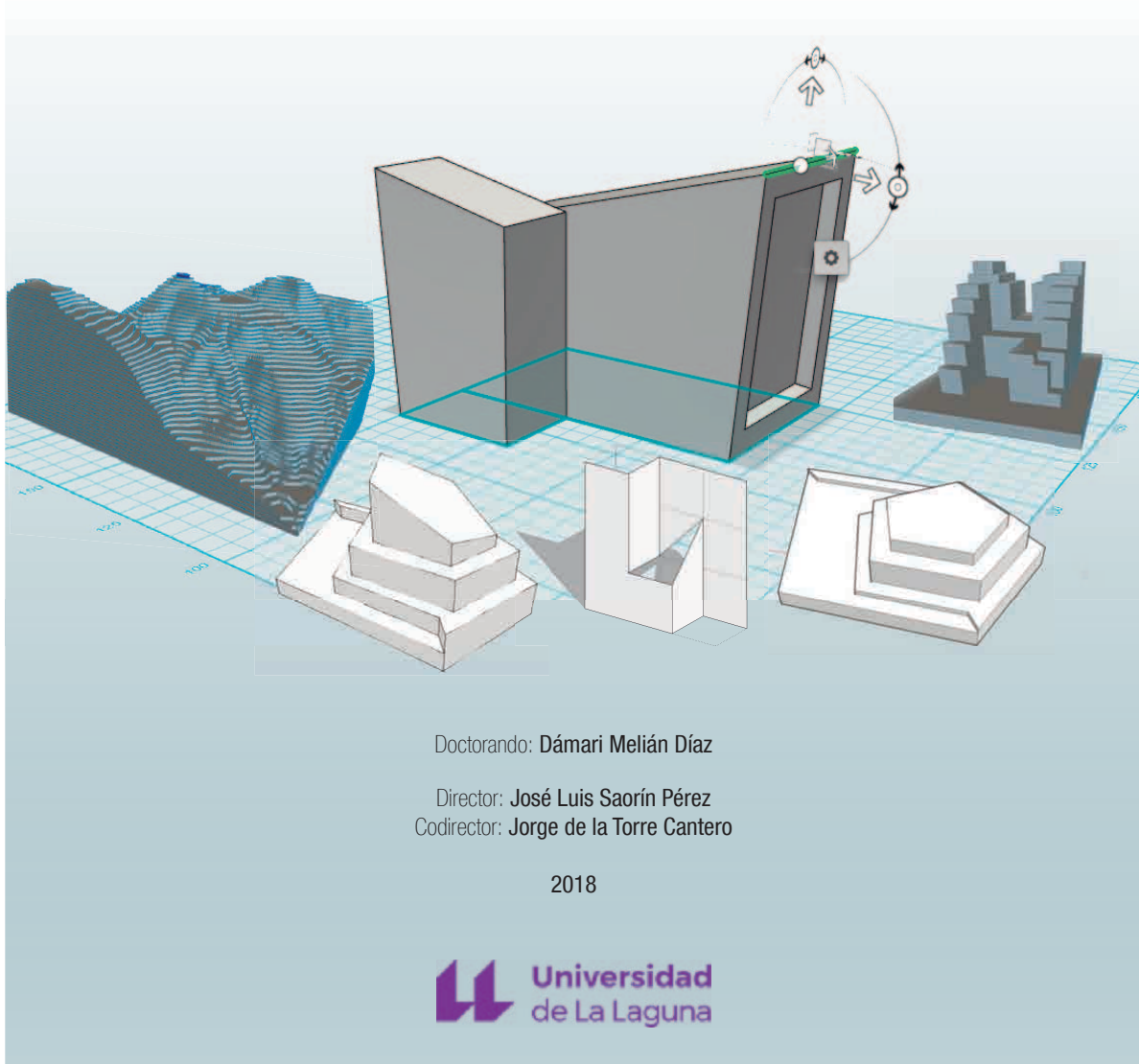


## TESIS DOCTORAL

“Aplicación de tecnologías de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo técnico”

Doctorado en Educación (D105)  
Universidad de La Laguna



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Tesis Doctoral

---

*“Aplicación de tecnologías avanzadas de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo técnico”*

Doctorado en Educación (D105)

Línea 2: Enseñanza y aprendizaje en áreas de conocimiento específico

Universidad de La laguna (España)

Doctorando: Dámari Melián Díaz

Director: José Luis Saorín Pérez

Codirector: Jorge de la Torre Cantero

2018

Editado en La Laguna



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38





**Director de la Tesis:**

Dr. José Luis Saorín Pérez  
Profesor titular de la Univeersidad de La Laguna  
Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

**Codirector de la Tesis:**

Dr. Jorge de la Torre Cantero  
Profesor Ayudante Doctor de la Univeersidad de La Laguna  
Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

DR. JOSÉ LUIS SAORÍN PÉREZ, PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, DR. JORGE DE LA TORRE CANTERO, PROFESOR AYUDANTE DOCTOR DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

**Certifican:**

Que la Tesis Doctoral titulada **"Aplicación de tecnologías avanzadas de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo técnico"** que presenta **Dámari Melián Díaz**, al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de La Laguna, ha sido realizado bajo su dirección durante los años 2013-2018, siendo un trabajo de investigación que guarda rigor científico para merecer el Título de Doctor, siempre y cuando, así lo considere el citado Tribunal.



Fdo: José Luis Saorín Pérez  
En La Laguna,  
5 de Noviembre de 2018



Fdo: Jorge de la Torre Cantero  
En La Laguna,  
5 de Noviembre de 2018

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
*Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## AGRADECIMIENTOS

---

*A José Luis Saorín*

*Por haberme ofrecido la oportunidad, junto a Jorge de la Torre, de realizar esta investigación. Por su ayuda constante a lo largo de estos años, por sus consejos, su paciencia, su esfuerzo y dedicación. No podría haber tenido un mejor director de Tesis. Gracias.*

*A Jorge de la Torre*

*Por su ayuda como codirector de esta Tesis. Por sus consejos y sus enseñanzas, tanto en esta investigación, como en el mundo académico. Por su dedicación en la corrección de este trabajo. Gracias.*

*A Carlos Carbonell*

*Por su dedicación, colaboración y revisión en muchas de las investigaciones presentadas en este trabajo.*

*A todos los colaboradores que han participado en esta investigación*

*A Norena Martín, Yolanda Lifante, David Rivero, Carolina Castillo, Alejandro Bonnet y en especial a Cecile Meier, por su ayuda y por compartir muchos buenos ratos durante los talleres realizados.*

*A la Fundación General de la Universidad de La Laguna, al personal del Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad de La Laguna, y en especial a todos los alumnos que han participado en los clases prácticos de este trabajo de investigación.*

*A mis padres*

*Por haberme permitido, gracias a su esfuerzo, la posibilidad de estudiar durante todos estos años para llegar hasta aquí. Por su confianza en mí.*

*A Sergio*

*Por escucharme y aguantarme*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ÍNDICE

1. Introducción .....	13
2. Justificación de la Unidad Temática de los artículos .....	15
3. Resumen global de los objetivos de la investigación .....	19
4. Metodología .....	20
Metodología según las Fases de Investigación .....	22
Casos prácticos de la Tesis .....	23
5. Resultados .....	30
Fase I .....	30
Fase II .....	39
Caso práctico Nº 04: <i>Stella 3D</i> .....	40
Caso práctico Nº 05: <i>Stella 3D con Tableta digital</i> .....	41
Caso Práctico Nº 06: <i>Taller de vistas normalizadas con Blokify</i> .....	42
Caso Práctico Nº 07: <i>Taller de Minecraft I</i> .....	43
Caso Práctico Nº 08: <i>Taller de Tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico</i> .....	44
Caso Práctico Nº 09: <i>Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas I</i> .....	45
Fase III .....	46
Caso Práctico Nº 10: <i>Stella 3D Tangible Puzzle</i> .....	47
Caso Práctico Nº 11: <i>Taller de Minecraft II</i> .....	48
Caso Práctico Nº 12: <i>Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas II</i> .....	49
Caso Práctico Nº 13: <i>Taller de introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox</i> .....	50
6. Discusión .....	52
7. Conclusiones finales .....	55
8. Futuros trabajos .....	60
9. Referencias .....	61
10. Anexos .....	64



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Publicaciones obtenidas durante la Fase I .....	16
Tabla 02: Publicaciones obtenidas durante la fase II .....	17
Tabla 03: Publicaciones obtenidas durante la fase III .....	18
Tabla 04: Casos prácticos en función de las propuestas de aprendizaje .....	23
Tabla 05: Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula .....	24
Tabla 06: Taller de diseño 3D con tecnologías digitales .....	24
Tabla 07: Taller de obtención de modelos 3D .....	24
Tabla 08: Stella 3D .....	25
Tabla 09: Stella 3D con tabletas .....	25
Tabla 10: Taller de vistas normalizadas con Blokify .....	26
Tabla 11: Taller de Minecraft I .....	26
Tabla 12: Taller de tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico .....	27
Tabla 13: Taller de maquetas con secciones apiladas I .....	27
Tabla 14: Stella 3D Tangible Puzzle .....	28
Tabla 15: Taller de Minecraft II .....	28
Tabla 16: Taller de maquetas con secciones apiladas II .....	29
Tabla 17: Taller de Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox .....	29
Tabla 18: Resultados de cuestionario sobre creatividad .....	32
Tabla 19: Relación de actividades realizadas durante los cursos 2014/2015 y 2015/2016 .....	32
Tabla 20: Resultados obtenidos sobre autopercepción de los alumnos .....	33
Tabla 21: Software (programas y aplicaciones) utilizadas en esta investigación .....	35
Tabla 22: Hardware utilizado en esta investigación .....	36
Tabla 23: Relación de tecnologías, contenidos y competencias por cada caso práctico de la Fase II .....	39
Tabla 24: Relación de tecnologías, contenidos y competencias por cada caso práctico de la Fase III .....	46
Tabla 25: Resultados de creatividad obtenidos en el caso práctico Nº 13 .....	51
Tabla 26: Resultados de creatividad obtenidos en los casos prácticos Nº 10 y Nº 12 .....	54



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 01. Algunos de los resultados obtenidos por parte de los alumnos en el taller de Nodebox ..... 51



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>


Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ANEXOS

<b>ANEXO I: Artículos publicados en revistas indexadas</b> .....	Anexo I	1
1. Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. ....	Anexo I	2
2. Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching. ....	Anexo I	21
3. Entornos gráficos 3D avanzados para la representación del relieve cartográfico. ....	Anexo I	36
4. STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education. ....	Anexo I	39
5. Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject. ....	Anexo I	53
6. 3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education. ....	Anexo I	68
7. Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa. ....	Anexo I	85
 <b>ANEXO III: Artículos en revisión en revistas indexadas</b> .....	 Anexo II	 104
1. Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity .....	Anexo II	105
 <b>ANEXO II: Otras publicaciones</b> .....	 Anexo III	 138
1. Competencia Creativa en estudios de grado en Ingeniería .....	Anexo III	139
2. Capítulo 2, 3, 4, 6 "Prototipado Digital, Fabricación e impresión 3D. Talleres Prácticos".....	Anexo III	147
3. Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula. De la innovación imaginada a los procesos de cambio. ....	Anexo III	160
4. Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo. ....	Anexo III	171
5. Creación e inserción de modelos 3d en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en ingeniería. ....	Anexo III	179
6. Art and Creativity in Engineering Graphics Education using digital Tablets with Autodesk Formit. ....	Anexo III	192
7. Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad. ....	Anexo III	200
		11

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



*"Aplicación de tecnologías avanzadas de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo técnico"*

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo de tesis se presenta un estudio sobre la aplicación de diferentes tecnologías de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo técnico. En concreto, se ha trabajado principalmente el fomento de la creatividad.

Existen diferentes informes internacionales sobre la educación en el siglo XXI (UNESCO, 2015; Institute of international education, 2014; OECD, 2014). Entre ellos, el Informe Horizon se ha convertido en un referente en cuanto a prospectiva de tendencias, desafíos y desarrollos tecnológicos con probabilidad de tener impacto en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación creativa. Este informe identifica tecnologías (tabletas digitales, impresoras 3D...) que podrán ser tendencia y de uso generalizado en la educación. Algunos trabajos de investigación han evaluado el impacto de estas nuevas tecnologías para el apoyo en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo, diseño y artes plásticas (de la Torre-Cantero, 2013). En el trabajo de investigación de la Torre-Cantero, se proponía como trabajos futuros utilizar la suite de Autodesk 123D para apoyar los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo. Autodesk 123D era el primer proyecto que ofreció diferentes herramientas digitales de diseño concebidas para facilitar la integración en contextos educativos, de tecnologías como el modelado y la impresión 3D o escaneado fotogramétrico.

En este trabajo de investigación, aparte de las tecnologías indicadas por el Informe Horizon, se continúa la investigación de Jorge de la Torre Cantero, en cuanto a la integración de recursos de creación y visualización 3D en la enseñanza del dibujo. Estas tecnologías están sometidas a un proceso de transformación continuo provocando que a lo largo del período de investigación de este trabajo de tesis algunas hayan cambiado de nombre, se hayan modificado sus condiciones de uso o incluso, hayan desaparecido.

Además del uso de las tecnologías de bajo coste para el aprendizaje del dibujo, este trabajo de investigación se centra en el desarrollo específico de la competencia creativa y artística. Fomentar y proporcionar oportunidades que inciten la creatividad en estudiantes de ingeniería es uno de los retos que se espera hoy en día de instituciones como la Universidad (C. Baillie, 2002). Se busca que los ingenieros sean personas capaces de resolver problemas de manera original y creativa, así como que tengan un pensamiento crítico tanto individual como colectivo, dado que necesitan una mente creativa para poder diseñar productos o buscar soluciones que mejoren los ya existentes. Se debería intentar fomentar un modelo de enseñanza creativo con el cual se aprendan estrategias orientadas a la resolución de problemas y a través de la cual se ayude a los alumnos a aprender más acerca de sus propias habilidades creativas, logrando un mayor éxito y satisfacción personal a través de los esfuerzos creativos (Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J., 2004).

Investigaciones en Estados Unidos y Europa (M. C. Shaw, 2001) muestran que en la actualidad las empresas buscan personas creativas e innovadoras, capaces de solventar de manera eficaz los nuevos retos a los que se enfrentan cada día. Son cada vez más habituales las declaraciones como la del prestigioso arquitecto José María de Churruarín en las que afirma que "*Van a desaparecer los trabajos no creativos*"<sup>1</sup> o la del matemático y economista César Molinas resaltando que "*Todos los trabajos que no requieran creatividad van a desaparecer*"<sup>2</sup>, o como las del autor del libro



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

"Pasaje al futuro", Santiago Bilinkis, 2014, resaltando que *"ya no es tan importante aprender cosas específicas sino desarrollar la capacidad de ir aprendiendo de manera constante y de ir incentivando la creatividad"* y tantas otras afirmaciones en la misma línea. Además, en informes como "The Future of Jobs Report 2018" (World Economic Forum, 2018) la creatividad es destacada como una de las habilidades fundamentales para el futuro del trabajo. Por este motivo, es importante incorporar la competencia creativa dentro de estudios donde tradicionalmente no se le ha dado importancia, intentando mejorar así aspectos como la búsqueda de diferentes soluciones a un mismo problema.

Actualmente, la Educación Superior está diseñada en base a la adquisición de competencias. El término "competencia" viene definido por la Comisión Europea como la capacidad demostrada para utilizar los conocimientos y habilidades, siendo el conocimiento el resultado de la asimilación de información que tiene lugar a lo largo del aprendizaje.

Una competencia prevista en los estudios de ingeniería es la capacidad de visión espacial. Esta competencia también es considerada por varios autores como fundamental para la realización de tareas de ingeniería. Existe investigación sobre la mejora y medición las habilidades espaciales (Saorín, J. et al, 2009).

Resolver problemas de forma creativa es otra habilidad genérica que aparece en los grados de ingeniería. La definición y clasificación de las competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior se basa en el proyecto Tuning (Proyecto Tuning, Competencias, 2014). Este proyecto incluye, como una competencia genérica, la capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) y en las universidades españolas se mencionan en los libros blancos de los Grados de Ingenierías (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, 2014). La importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería es un aspecto cada vez más importante en muchos países, aunque todavía no es un enfoque generalizado (Liu, ZE, et al., 2004). En España, aunque son pocas las investigaciones sobre la medición de creatividad en estudiantes de ingeniería, existe un estudio en la Universidad de Valencia, en la que se se midieron los valores de creatividad con este perfil de estudiantes (Lifante, Y., 2011). En este trabajo se analizan diferentes herramientas de medición de la creatividad ( TAEC, CREA, Torrance..)

Este trabajo de tesis se ha estructurado en tres fases, la primera se centra en el estudio de tecnologías 3D de bajo coste que puedan ser utilizadas para la realización de actividades propias de la asignatura de dibujo, un análisis de las técnicas y herramientas de medición de creatividad, un sondeo sobre la opinión de los alumnos de estudios técnicos sobre creatividad y, finalmente, se realiza una primera medición de creatividad en las aulas. En la segunda fase se realizan propuestas de actividades de carácter creativo para dibujo técnico y se realiza un proceso de validación de las tecnologías 3D, competencias y contenidos incluidos en dichas actividades. Por último, la tercera fase se centra en la validación de la competencia creativa en varias actividades planteadas. Como herramienta de medición de la creatividad, en este trabajo de investigación se va a utilizar el Test de Abreacción de la Creatividad, TAEC (de la Torre, S. & Marín, 1991).

#### NOTAS

1. Periódico El Mundo. <https://www.elmundo.es/economia/2014/09/19/541bf86a22601d614b8b457a.html>
2. Periódico El País. [https://elpais.com/tecnologia/2016/05/11/actualidad/1462976174\\_037836.html](https://elpais.com/tecnologia/2016/05/11/actualidad/1462976174_037836.html)



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## JUSTIFICACIÓN DE LA UNIDAD TEMÁTICA DE LOS ARTÍCULOS

Durante esta tesis se han realizado varios trabajos que se han publicado en revistas científicas, congresos y libros. Todo el trabajo relevante asociado a esta tesis está recogido en ocho artículos científicos de los cuales siete están publicados a fecha de depósito de esta tesis y uno está en revisión en revista indexada.

La tesis se presenta por compendio de publicaciones. Dichas publicaciones están estructuradas en tres anexos adjuntos

- I. Artículos publicados en revistas indexadas
- II. Artículos en proceso de revisión, enviados a revistas indexadas.
- III. Publicaciones en otros formatos (libros, congresos,...). En este anexo, se incluyen los resúmenes y artículos publicados en los congresos y las portadas de libros, así como algunas de las páginas de interés de los mismos.

Las publicaciones se han clasificado siguiendo las mismas fases planteadas en el anteproyecto.

En la Fase I se estudia la bibliografía asociada al trabajo de investigación. Por otro lado, se analizan y evalúan las diferentes tecnologías de bajo coste que se pueden aplicar para el aprendizaje del dibujo, así como de los instrumentos de medida de la creatividad. Se realiza una primera medición de creatividad en las aulas a modo de validar el test seleccionado, así como el diseño y validación de un cuestionario de autopercepción de los alumnos sobre aspectos creativos relacionados con las actividades llevadas a cabo en la asignatura de dibujo. Al final de esta fase, se realiza una propuesta de actividades que se concreta en la publicación de un libro

En la Fase II se realiza una selección y rediseño de varias actividades incluidas en el libro realizado en la Fase I para validar diferentes aspectos tales como la implementación en el aula de las tecnologías usadas en cada actividad, los contenidos del currículum de dibujo técnico así como los diferentes cuestionarios para conocer la opinión de los estudiantes sobre creatividad y tecnologías de bajo coste.

La Fase III se centra en la validación de las actividades escogidas desde el punto de vista de mejora de la creatividad.

La relación de las fases y sus correspondientes publicaciones se pueden ver en la *Tabla 01*, la *Tabla 02* y la *Tabla 03*. La numeración utilizada en estas tablas se utilizará a lo largo de esta memoria para referirse a las publicaciones.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

FASE I		
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO I	ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO II	OTRAS PUBLICACIONES ANEXO III
		<b>PUBLICACIÓN Nº 09</b>
		<b>COMUNICACIÓN A CONGRESO</b> <i>Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería</i> <b>CONGRESO</b> <i>III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC)</i> <b>FECHA:</b> Octubre 2015 <b>ISBN:</b> 978-84-608-2907-2
		<b>PUBLICACIÓN Nº 10</b>
		<b>CAPÍTULO DE LIBRO</b> <i>Capítulos 2, 3, 4, 6 "Prototipado Digital, Fabricación e impresión 3D. Talleres Prácticos"</i> <b>EDITORIAL:</b> Bubok Publishing S.L. <b>FECHA:</b> Junio 2014 <b>ISBN:</b> 78-84-686-5345-7
		<b>PUBLICACIÓN Nº 11</b>
		<b>CAPÍTULO DE LIBRO</b> <i>Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula. De la innovación imaginada a los procesos de cambio.</i> <b>EDITORIAL:</b> Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna <b>FECHA:</b> 2018 <b>ISBN:</b> 978-84-15939-62-7
		<b>PUBLICACIÓN Nº 12</b>
		<b>LIBRO</b> <i>Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo</i> <b>EDITORIAL:</b> Bubok Publishing S.L. <b>FECHA:</b> Junio 2016 <b>ISBN:</b> 978-84-686-8670-7

Tabla 01: Publicaciones obtenidas durante la Fase I



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

FASE II		
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO I	ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO II	OTRAS PUBLICACIONES ANEXO III
<b>PUBLICACIÓN Nº 01</b>		<b>PUBLICACIÓN Nº 13</b>
<b>ARTÍCULO</b> <i>Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva</i> <b>REVISTA</b> Digital Education Review <b>BASE DE DATOS:</b> SCOPUS <b>ÍNDICE DE IMPACTO:</b> SJR: 0,248 <b>FECHA:</b> 2015		<b>CAPÍTULO DE LIBRO</b> <i>Creación e inserción de modelos 3d en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en ingeniería</i> <b>EDITORIAL:</b> Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna <b>FECHA:</b> 2017 <b>ISBN:</b> 987-84-15939-57-3
<b>PUBLICACIÓN Nº 02</b>		<b>PUBLICACIÓN Nº 14</b>
<b>ARTÍCULO</b> <i>Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching</i> <b>REVISTA</b> Dyna New Technologies <b>BASE DE DATOS:</b> LATINDEX <b>FECHA:</b> 2017		<b>COMUNICACIÓN A CONGRESO</b> <i>Art and Creativity in Engineering Graphics Education using digital Tablets with Autodesk Formit</i> <b>CONGRESO</b> World Congress on Education (WCE) <b>FECHA:</b> Octubre 2015 <b>ISBN:</b> 978-1-908320-59-9
<b>PUBLICACIÓN Nº 03</b>		
<b>ARTÍCULO</b> <i>Entornos gráficos 3D avanzados para la representación del relieve cartográfico</i> <b>REVISTA</b> Dyna <b>BASE DE DATOS:</b> WOS (Web Of Science) <b>ÍNDICE DE IMPACTO:</b> JCR: 0,541 <b>FECHA:</b> 2017		
<b>PUBLICACIÓN Nº 04</b>		
<b>ARTÍCULO</b> <i>STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education</i> <b>REVISTA</b> International Journal of Engineering Education. IJEE <b>BASE DE DATOS:</b> WOS (Web of science) SCI (Science Citation Index) <b>ÍNDICE DE IMPACTO:</b> JCR: 0,559		

Tabla 02: Publicaciones obtenidas durante la Fase II



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

FASE III		
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO I	ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS ANEXO II	OTRAS PUBLICACIONES ANEXO III
PUBLICACIÓN Nº 05	PUBLICACIÓN Nº 08	PUBLICACIÓN Nº 15
<p><b>ARTÍCULO</b>  <i>Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject</i></p> <p><b>REVISTA</b>                      Interaction Design and Architecture(s) Journal. IxD&amp;A</p> <p><b>BASE DE DATOS: SCOPUS</b>  <b>ÍNDICE DE IMPACTO: SJR: 0,199</b></p>	<p><b>ARTÍCULO</b>  <i>Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity</i></p> <p><b>REVISTA</b>                      Technology, Pedagogy and Education</p> <p><b>BASE DE DATOS: WOS (Web of science) SSCI (Social Science Citation Index)</b>  <b>ÍNDICE DE IMPACTO: JCR: 1,066 (2016)</b></p>	<p><b>COMUNICACIÓN A CONGRESO</b>  <i>Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad</i></p> <p><b>CONGRESO</b>                      Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación (CINIE).</p> <p><b>FECHA: Marzo 2017</b>  <b>ISBN: 9-788416-397556</b></p>
PUBLICACIÓN Nº 06		
<p><b>ARTÍCULO</b>  <i>3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education</i></p> <p><b>REVISTA</b>                      EURASIA. Journal of Mathematics, Science and Technology Education</p> <p><b>BASE DE DATOS: SCOPUS</b>  <b>ÍNDICE DE IMPACTO: SJR: 0,424</b></p>		
PUBLICACIÓN Nº 07		
<p><b>ARTÍCULO</b>  <i>Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa</i></p> <p><b>REVISTA</b>                      ABE. Advances in Building Education</p> <p><b>BASE DE DATOS: MIAR, en evaluación en Latindex (Revista creada en el año 2017)</b></p>		

Tabla 03: Publicaciones obtenidas durante la fase III



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## RESUMEN GLOBAL DE LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

---

Los objetivos generales de este trabajo de tesis son los siguientes:

- I. Determinar una herramienta que permita medir la creatividad en entornos de dibujo y realizar mediciones del estado inicial de dicha variable en estudiantes.
- II. Estudio y análisis de las tecnologías 3D de bajo coste que permitan la implantación de la competencia artística y creativa en la enseñanza del dibujo técnico.
- III. Diseño y validación de recursos y materiales específicos dentro de la enseñanza del dibujo técnico.
  - a) Validación de la implementación tecnológica de los cursos realizados, así como de parámetros educativos como por ejemplo, habilidad espacial, aprendizaje de vistas normalizadas, interpretación de terrenos, etc...
  - b) Validación de la mejora de la creatividad de los talleres.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## METODOLOGÍA

La investigación realizada a lo largo de esta tesis se divide en tres fases. La primera de revisión bibliográfica, selección de herramientas de medición tipo test para evaluar distintos aspectos, con especial importancia a los referidos a creatividad, selección de tecnologías 3D de bajo coste para su implementación en la enseñanza del dibujo y elaboración de cuestionario de autopercepción de creatividad de los alumnos. Para finalizar la Fase I, se diseñan 21 propuestas de actividades con tecnologías 3D de bajo coste para la enseñanza y aprendizaje del dibujo técnico. Estas propuestas se dividen en tres áreas temáticas del currículum de la asignatura de dibujo técnico (Vistas normalizadas, presentación de proyectos en Ingeniería y creación de maquetas mediante fabricación digital). **Publicación Nº 12: *Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo.***

En base a los resultados de la Fase I, para las Fases II y III, se seleccionan algunas de las 21 actividades diseñadas en la primera Fase. De las propuestas de vistas normalizadas, se seleccionaron aquellas que tienen que ver con la introducción de la competencia creativa y artística en dibujo técnico y las que utilizan videojuegos de construcción como estrategias de aprendizaje. También se seleccionaron las propuestas de creación de maquetas de terrenos mediante fabricación digital. Adicionalmente, se añadió en la Fase III una nueva temática basada en el diseño generativo al objeto de comprobar la mejora de creatividad.

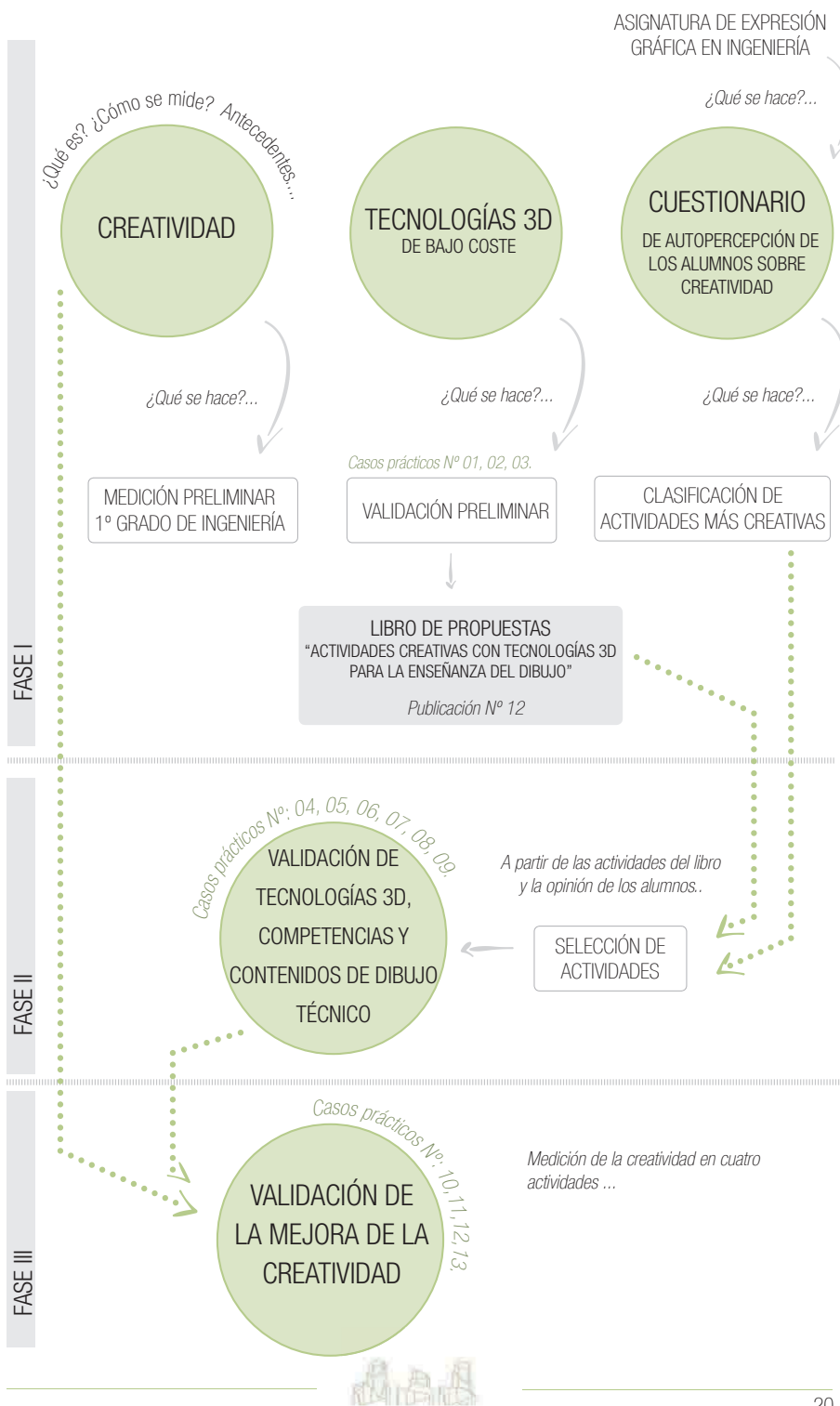
En la Fase II, se validan las propuestas seleccionadas, teniendo en cuenta aspectos tales como la implementación en el aula de las tecnologías usadas en cada actividad, los contenidos del currículum de dibujo técnico así como los diferentes cuestionarios para conocer la opinión de los estudiantes sobre creatividad y tecnologías de bajo coste. La Fase III, se realiza para validar la mejora de creatividad de los alumnos al realizar las propuestas seleccionadas.

La metodología empleada es cuasiexperimental, debido a que los grupos con los que se trabaja son grupos ya formados, dentro de distintos niveles educativos en los cuales no se puede hacer una selección aleatoria de los participantes. A lo largo del trabajo de esta tesis se han realizado un total de 13 casos prácticos (3 correspondientes a la Fase I, 6 correspondiente a la Fase II y 4 correspondiente a la Fase III).

A continuación se presenta un esquema resumen de la metodología utilizada en esta tesis:







Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## METODOLOGÍA SEGÚN LAS FASES DE INVESTIGACIÓN

### FASE I

En esta fase la metodología seguida ha sido la siguiente:

- Revisión bibliográfica asociada a la inclusión de aspectos creativos en el contexto del dibujo técnico.
- Análisis, evaluación y selección de los diferentes instrumentos de medida de la creatividad.
- Medición de creatividad en alumnos de primero de grado universitario con el objetivo de obtener una primera medida y validar la herramienta de medición seleccionada.
- Diseño y validación de un cuestionario de autopercepción de los alumnos sobre la mejora de creatividad mediante actividades llevadas a cabo en la asignatura de dibujo.
- Análisis, evaluación y revisión bibliográfica de las diferentes tecnologías de bajo coste que se pueden aplicar para el aprendizaje del dibujo.
- Realización de talleres piloto para implementación de tecnologías en el aula. Dentro de este apartado se han realizado tres talleres piloto orientados a la implementación de tecnologías en el aula:
  - **Caso Práctico Nº 01:** *Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula.*
  - **Caso Práctico Nº 02:** *Taller de diseño 3D con tecnologías digitales.*
  - **Caso Práctico Nº 03:** *Taller de obtención de modelos 3D.*
- Diseño de propuestas de actividades creativas con tecnologías de bajo coste para la enseñanza y aprendizaje del dibujo técnico.

### FASE II

La Fase II parte de las propuestas realizadas en la Fase I. En esta Fase, se seleccionan algunas de esas propuestas y se realizan actividades/talleres con el objetivo de validar diferentes aspectos tales como la implementación en el aula de las tecnologías usadas en cada actividad, el aprendizaje de los contenidos del currículo de dibujo técnico, así como la realización de cuestionarios para conocer la opinión de los estudiantes sobre creatividad y tecnologías de bajo coste.

Dentro de esta fase, se han realizado los siguientes 6 casos prácticos:

- **Caso práctico Nº 04:** *Stella 3D*
- **Caso práctico Nº 05:** *Stella 3D con Tabletas*
- **Caso Práctico Nº 06:** *Taller de vistas normalizadas con Blokify*
- **Caso Práctico Nº 07:** *Taller de Minecraft I*
- **Caso Práctico Nº 08:** *Taller de Tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico*
- **Caso Práctico Nº 09:** *Taller de maquetas con secciones apiladas I*

### FASE III

En esta fase se valida la mejora de la creatividad de los alumnos al realizar las siguientes actividades:

- **Caso Práctico Nº 10:** *Stella 3D Tangible Puzzle*
- **Caso Práctico Nº 11:** *Taller de Minecraft II*
- **Caso Práctico Nº 12:** *Taller de maquetas con secciones apiladas II*
- **Caso Práctico Nº 13:** *Taller de introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox*



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## CASOS PRÁCTICOS DE LA TESIS

Como se han realizado 13 casos prácticos a lo largo de esta tesis, es interesante disponer de una tabla en la que visualizar en qué fase se ha hecho cada uno de estos talleres. La Fase I, es común para todas las propuestas realizadas a lo largo de la tesis. En las Fases II y III, se seleccionan algunas de esas propuestas y se realizan casos prácticos con el objetivo de validar diferentes aspectos de las mismas. Las actividades seleccionadas, se pueden englobar en cuatro temáticas:

1. Introducción de la competencia creativa y artística.
2. Técnicas de fabricación digital.
3. Uso de videojuegos de construcción por bloques.
4. Diseño generativo.

En la siguiente tabla, se pueden ver la distribución de los casos prácticos detallados anteriormente en función de las propuestas de aprendizaje y las fases de este trabajo de tesis:

Casos Prácticos				
Fase I	Nº 01: <i>Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula</i> Nº 02: <i>Taller de diseño 3D con tecnologías digitales</i> Nº 03: <i>Taller de obtención de modelos 3D</i>			
	Diseño de 21 propuestas de actividades creativas con tecnologías de bajo coste para la enseñanza y aprendizaje del dibujo técnico.			
	Temática 1 Introducción de la competencia artística y creativa	Temática 2 Técnicas de fabricación digital	Temática 3 Uso de videojuegos de construcción por bloques	Temática 4 Diseño generativo
Fase II	Nº 04: <i>Stella 3D</i> Nº 05: <i>Stella 3D con Tabletas digitales</i>	Nº 08: <i>Taller de Tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico</i> Nº 09: <i>Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas</i>	Nº 06: <i>Taller de vistas normalizadas con Blokify</i> Nº 07: <i>Taller de Minecraft I</i>	
Fase III	Nº 10: <i>Stella 3D Tangible Puzzle</i>	Nº 12: <i>Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas II</i>	Nº 11: <i>Taller de Minecraft II</i>	Nº 13: <i>Taller de introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox.</i>

Tabla 4: Casos prácticos en función de las propuestas de aprendizaje



A continuación se detallan los datos fundamentales de cada uno de los casos prácticos realizados:

Caso Práctico Nº 01: <i>Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula.</i>	
Fase	I
Datos participantes	-
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Implementación de tecnologías 3D en el aula
Tecnología usada	Ordenador, Tableta digital
Software	Suitte Autodesk 123D, Autodesk Formit
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario de opinión Selección de tecnologías 3D para su uso en el Aula</li> </ul>
Herramientas de medición	-
Publicación asociada	<i>Prototipado digital, fabricación e impresión 3D. Talleres prácticos. Universidad de La Laguna. Fundación General Universidad de La Laguna</i>

Tabla 05: *Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula*

Caso Práctico Nº 02: <i>Taller de diseño 3D con tecnologías digitales .</i>	
Fase	I/II
Datos participantes	Curso 2013/2014. 11 participantes (profesorado de Educación Secundaria)
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Implementación de tecnologías 3D en el aula
Tecnología usada	Ordenador , Tableta digital
Software	Suitte Autodesk 123D, Autodesk Formit
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión de tecnologías 3D para su implementación en el aula</li> <li>• Conocer la opinión del profesorado sobre la implementación de dichas tecnologías 3D de bajo coste en el aula</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario de opinión</li> </ul>
Publicación asociada	-

Tabla 06: *Taller de diseño 3D con tecnologías digitales*

Caso Práctico Nº 03: <i>Taller de obtención de modelos 3D .</i>	
Fase	I
Datos participantes	Curso 2017/2018. 23 alumnos. Grado de Biología
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Obtención de modelos 3D y réplicas a partir de modelos reales
Tecnología usada	Tableta digital y teléfono móvil, Escáner 3D, Ordenador, impresora 3D
Software	123D Catch, MakerWare for Digitizer, Makerbot
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de tecnologías</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario de opinión</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula. De la innovación imaginada a los procesos de cambio. Servicio de publicaciones de la Universidad de La Laguna.</i>

Tabla 07: *Taller de obtención de modelos 3D*



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Caso Práctico Nº 04: <i>Stella 3D</i>	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2013/2014. 104 alumnos. Ingenierías (Ing. Agrícola, Ing. Electrónica)
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Vistas normalizadas/ Inclusión del arte en enseñanzas técnicas
Tecnología usada	Ordenador
Software	SketchUp
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la habilidad espacial</li> <li>• Aprendizaje de vistas normalizadas</li> <li>• Relación arte-técnica</li> <li>• Obtención de opinión sobre creatividad en Ingeniería</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de rotación mental (MRT)</li> <li>• Differential Aptitude Test (DAT)</li> <li>• Cuestionario sobre creatividad en Ingeniería</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Stella 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education . International Journal of Engineering Education</i>

Tabla 08: *Stella 3D*

Caso Práctico Nº 05: <i>Stella 3D con tableta digital</i>	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2014/2015. 51 alumnos. Ingeniería Eléctrica
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Vistas normalizadas/ Implementación del arte en enseñanzas técnicas
Tecnología usada	Tableta digital
Software	Autodesk Formit
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la habilidad espacial</li> <li>• Aprendizaje de vistas normalizadas</li> <li>• Relación arte-técnica</li> <li>• Obtención de opinión sobre las tecnologías usadas</li> <li>• Obtención de opinión sobre creatividad en Ingeniería</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario para conocer la impresión de los alumnos sobre las tecnologías usadas</li> <li>• Cuestionario sobre creatividad</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Art and Creativity in Engineering Graphics Education using Digital Tablets with Autodesk Formit. Worl Congress on Education (WCE).</i>

Tabla 09: *Stella 3D con tableta 3D*



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Caso Práctico Nº 06: Taller de vistas normalizadas con Blokiy	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2013/2014. 70 alumnos. 3º y 5º de primaria. 4º de la ESO
Concepto ¿Qué se trabaja?	Vistas normalizadas/ Perspectiva
Tecnología usada	Tableta digital, Impresoras 3D
Software	Blokiy
Objetivo ¿Qué se mide?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar los videojuegos como método de aprendizaje</li> <li>• Aprendizaje de vistas normalizadas</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de videojuegos e impresión 3D en educación</li> <li>• Evaluar el aprendizaje a través de videojuegos</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario sobre el uso de dispositivos móviles en alumnos</li> <li>• Cuestionarios sobre el uso de videojuegos y la impresión 3D como método de aprendizaje</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Blokiy: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. Digital Education Review.</i>

Tabla 10: Taller de vistas normalizadas con Blokiy

Caso Práctico Nº 07: Taller de Minecraft I	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2015/2016. 34 alumnos. Ingeniería Electrónica
Concepto ¿Qué se trabaja?	Habilidades espaciales/ vistas normalizadas
Tecnología usada	Ordenador, Impresora 3D
Software	Minecraft
Objetivo ¿Qué se mide?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar los videojuegos como método de aprendizaje</li> <li>• Aprendizaje de vistas normalizadas</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de videojuegos en educación</li> <li>• Obtención de opinión sobre la creatividad en estudios de ingeniería</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario sobre el uso de videojuegos como método de aprendizaje y sobre la importancia de la creatividad en Ingeniería</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Creación e inserción de modelos 3D en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en Ingeniería. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.</i>

Tabla 11: Taller de Minecraft I



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Caso Práctico Nº 08: Taller de tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2015/2016. 33 alumnos. Ingeniería (Topografía)
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Sistema Acotado, Interpretación de planos cartográficos
Tecnología usada	Ordenador, impresora de papel
Software	123D Make (Autodesk)
Objetivo <i>¿Qué se mide?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación del relieve cartográfico</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de tecnologías para el aprendizaje del relieve cartográfico</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Topographic Map Assessment test (TMA)</li> <li>• Cuestionario para conocer la impresión de los alumnos sobre las tecnologías usadas</li> </ul>
Publicación asociada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Interpretación del relieve: Tecnologías de representación 3D para la docencia. Dyna New Technologies</i></li> <li>• <i>Entornos gráficos avanzados para la representación del relieve cartográfico. Dyna</i></li> </ul>

Tabla 12: Taller de tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico

Caso Práctico Nº 09: Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas I	
Fase	II
Datos participantes	Curso 2016/2017. 3 alumnos. Máster en formación del profesorado
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	Sistema Acotado, Interpretación de planos cartográficos
Tecnología usada	Ordenador, impresora de papel
Software	123D Make (Autodesk)
Concepto <i>¿Qué se trabaja?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación del relieve cartográfico</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de tecnologías para el aprendizaje del relieve cartográfico</li> <li>• Mejora de la creatividad</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario para conocer la impresión de los alumnos sobre las tecnologías usadas</li> <li>• Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC)</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa. Advances in Building Education</i>

Tabla 13: Taller de maquetas con secciones apiladas I



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Caso Práctico Nº 10: Stella 3D Tangible Puzzle	
Fase	III
Datos participantes	Curso 2016/2017. 31 alumnos. Ingeniería Electrónica
Concepto ¿Qué se trabaja?	Vistas normalizadas/ Implementación del arte en enseñanzas técnicas/Creatividad
Tecnología usada	Material tangible impreso en 3D, impresora 3D
Software	-
Concepto ¿Qué se trabaja?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la creatividad</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC)</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject . Interaction, Design &amp; Architecture</i>

Tabla 14: Stella 3D Tangible Puzzle

Caso Práctico Nº 11: Taller de Minecraft II	
Fase	III
Datos participantes	Curso 2016/2017. 15 alumnos. Máster en Formación del Profesorado
Concepto ¿Qué se trabaja?	Creatividad /Habilidades espaciales/ vistas normalizadas
Tecnología usada	Ordenador
Software	Minecraft
Concepto ¿Qué se trabaja?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la creatividad</li> <li>• Implementar los videojuegos como método de aprendizaje</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de videojuegos en educación</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC)</li> <li>• Cuestionario sobre el uso de videojuegos como método de aprendizaje</li> </ul>
Publicación asociada	<i>Minecraft: Three-dimensional construction workshop for improvement of creativity: Technology, Pedagogy &amp; Education.</i>

Tabla 15: Taller de Minecraft II



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Caso Práctico N° 12: Taller de maquetas de terrenos con secciones apiladas II	
Fase	III
Datos participantes	Curso 2016/2017. 82 alumnos. Ingeniería Informática
Concepto ¿Qué se trabaja?	Sistema Acotado, Interpretación de planos cartográficos
Tecnología usada	Ordenador, impresora de papel
Software	123D Make (Autodesk)
Concepto ¿Qué se trabaja?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación del relieve cartográfico</li> <li>• Obtención de opinión sobre el uso de tecnologías para el aprendizaje del relieve cartográfico</li> <li>• Mejora de la creatividad</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionario para conocer la impresión de los alumnos sobre las tecnologías usadas</li> <li>• Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC)</li> </ul>
Publicación asociada	<i>3D Creative Teaching -Learning Strategy in Surveying Engineering Education. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education.</i>

Tabla 16: Taller de maquetas con secciones apiladas II

Caso Práctico N° 13: Taller de Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox	
Fase	III
Datos participantes	Curso 2017/2018. 23 alumnos. 1º y 2º Bachillerato
Concepto ¿Qué se trabaja?	Diseño 2D paramétrico y generativo
Tecnología usada	Ordenador
Software	Nodebox
Concepto ¿Qué se trabaja?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la creatividad</li> </ul>
Herramientas de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC)</li> </ul>
Publicación asociada	-

Tabla 17: Taller de Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## RESULTADOS

### FASE I

Fomentar y proporcionar oportunidades que inciten la creatividad en estudiantes de estudios técnicos es uno de los retos que se espera hoy en día de instituciones como la Universidad (C. Baillie, 2002). Se busca que los técnicos sean personas capaces de resolver problemas de manera original y creativa, así como que tengan un pensamiento crítico tanto individual como colectivo, dado que necesitan una mente creativa para poder diseñar productos o buscar soluciones que mejoren los ya existentes. Se debería intentar fomentar un modelo de enseñanza creativo con el cual se aprendan estrategias orientadas a la resolución de problemas y a través de la cual se ayude a los alumnos a aprender más acerca de sus propias habilidades creativas, logrando un mayor éxito y satisfacción personal a través de los esfuerzos creativos (Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J., 2004).

Existen muchas definiciones sobre el término "creatividad", así como diferentes test que la miden. En el apartado de "Contexto" de la publicación **Nº 09: Competencia creativa en estudios de grado en Ingeniería** se puede encontrar la descripción de las principales definiciones sobre el término creatividad a lo largo de los años, así como un listado de los test de creatividad más relevantes.

Para la medición de la creatividad realizada en los diferentes casos prácticos que se han llevado a cabo a lo largo de este trabajo de tesis, se ha escogido el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC) (de la Torre, S., 1991). En uno de los pocos trabajos de investigación existentes en España sobre creatividad en ingenieros (Lifante, Y. 2011), se utilizan varios test entre ellos el TAEC. En dicho trabajo se comprueba que los resultados obtenidos por los test TAEC y CREA son comparables. Además, también se escoge esta herramienta de medición por ser gráfico-inductiva de complejidad de figuras, muy adecuado para el contexto de enseñanza del dibujo en el que se centra esta tesis. El TAEC ofrece tanto un resultado global como de los valores de nueve componentes de la creatividad que configuran este test (resistencia al cierre, originalidad, elaboración, fantasía, conectividad, alcance imaginativo, expansión figurativa, riqueza expresiva y habilidad gráfica) siendo éste, uno de los test de creatividad que más componentes analiza. La descripción completa de este test, así como de sus componentes se encuentra en la publicación **Nº 06: 3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education**, más concretamente, dentro del apartado "Competential framework".

En esta primera fase y a efectos de disponer de valores de creatividad de los alumnos que ingresan en la universidad, se han realizado mediciones a un total de noventa estudiantes. Esta muestra la han conformado alumnos de primero de Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Valencia, primero de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática y de Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de La Laguna. También se ha medido la creatividad en dieciséis alumnos del primer curso del Grado de Bellas Artes de la Universidad de La Laguna con el objetivo de comparar los resultados obtenidos entre los estudios de carácter técnico y los artísticos. Los resultados en esta primera medición, mostraron que la media obtenida por los alumnos del Grado de Bellas Artes (159,5 sobre 324) es significativamente superior a la media obtenida por los alumnos de las diferentes ingenierías (115,16 sobre 324). Estos resultados están detallados en la publicación **Nº 09: Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería**. Estos valores nos permiten disponer de un primer juego de medidas para contrastar el funcionamiento del test y desarrollar el resto de tareas de la tesis.

A nivel académico, resolver problemas de forma creativa es una de las competencias genéricas que aparecen en grados de estudios técnicos (arquitectura, ingeniería, ...). La importancia de la creatividad en la enseñanza de este



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

tipo de estudios es un aspecto cada vez más relevante en muchos países (National Academy of Engineering, 2004). Esta nueva tendencia hace hincapié en el pensamiento a largo plazo para los profesionales de disciplinas técnicas, ya que los estudiantes de hoy, tienen que estar constantemente adaptándose a las nuevas realidades de trabajo (Boy, GA, 2013).

Tradicionalmente la enseñanza del dibujo técnico se ha realizado de manera procedimental, tanto en geometría como en diseño asistido por ordenador. En la Universidad de La Laguna, desde hace varios cursos se ha querido modificar la manera en la que los alumnos aprenden en la asignatura de Expresión Gráfica de varias ingenierías, planteando ejercicios con varias soluciones o dando menos peso a los aspectos procedimentales, para que, de este modo, los alumnos mejoren su creatividad a través de las actividades planteadas. Dichas actividades se han dividido en cinco grupos diferentes dependiendo de lo que se trabaje en ellas: vistas normalizadas y capacidad espacial, introducción a los sistemas CAD, planos de ingeniería, presentación de proyectos de ingeniería y técnicas de mejora de la creatividad.

Para saber qué piensan los alumnos con respecto a la competencia creativa, así como conocer su relación con las actividades que se llevan a cabo en Expresión Gráfica en Ingeniería, se realiza un estudio de autopercepción del alumnado sobre dichos aspectos. Durante dos años académicos, se distribuyeron cuestionarios a un total de 217 alumnos de la asignatura de Expresión Gráfica y Diseño asistido por ordenador de diferentes Grados de Ingeniería de la Universidad de La Laguna

En este estudio se preguntó a los participantes sobre su opinión acerca de la creatividad en Ingeniería. Para ello, se diseñaron dos cuestionarios, uno para pasarlo al comienzo de cada cuatrimestre y otro para hacerlo al final del mismo. Los dos están diseñados con preguntas creadas siguiendo una escala tipo Likert del 1 al 5 (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo).

El primer cuestionario, trata sobre la opinión del alumnado sobre la creatividad, tanto desde el punto de vista personal, como desde el punto de vista de la Ingeniería. Las preguntas de dicho cuestionario son las siguientes:

- Q1. *Me considero una persona creativa.*
- Q2. *Como futuro ingeniero, considero que es importante para mi profesión desarrollar mi capacidad creativa.*
- Q3. *Considero que la creatividad puede ser desarrollada mediante ejercicios.*

Este primer cuestionario se realizó al principio del cuatrimestre con 56 alumnos del Grado en Ingeniería Electrónica y a 25 alumnos del Grado en Ingeniería Informática durante el curso 2014/2015. También se realizó el mismo cuestionario a 34 alumnos del Grado en Ingeniería Electrónica y a 34 alumnos del Grado en Ingeniería Agrícolas a principios del curso 2015/2016.

En la *Tabla 18*, se muestran los resultados de dichos cuestionarios:



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Preguntas	Curso 2014/2015		Curso 2015/2016		Media
	Ing. Electrónica (N= 56)	In. Informática (N=25)	Ing. Electrónica (N=34)	Ing. Agrícola (N=34)	
Q1. Me considero una persona creativa	3,5	3,3	-	-	3,4
Q2. Como futuro ingeniero, considero que es importante para mi profesión desarrollar mi capacidad creativa	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4
Q3. Considero que la creatividad puede ser desarrollada mediante ejercicios	3,7	4,1	4,4	4,5	4,1

Tabla 18: Resultados de cuestionario sobre creatividad

El segundo cuestionario, realizado por los alumnos a final de cada cuatrimestre, tiene como objetivo conocer la autopercepción de los alumnos sobre de la mejora de la creatividad en función de las actividades realizadas durante el cuatrimestre. La relación de actividades incluidas en este cuestionario se encuentra en la *Tabla 19*.

	Actividades realizadas
Vistas normalizadas/ Capacidad espacial	Anfore 3D
	Stella 3D (PC)
	Stella 3D (Tableta)
	Realización de vistas normalizadas con Minecraft
Introducción sistemas CAD	Introducción AutoCad
	Primeros pasos en Inventor
	Primeros pasos en Inventor
	Ingeniería Inversa
Planos de Ingeniería	Práctica de normalización
	Plano de situación y emplazamiento
Presentación de proyectos de Ingeniería	Animación 3D conceptual
	Modelado conceptual 3D georreferenciado
	Taller de fabricación digital de bajo coste
	Creación de maquetas de terrenos
Técnicas de mejora de la creatividad	Simulación gráfica de un proyecto de ingeniería
	Taller de estrategias creativas
	Taller Creativo 2D

Tabla 19: Relación de actividades realizadas durante los cursos 2014/2015 y 2015/2016

Este cuestionario lo realizaron 51 alumnos del Grado en Ingeniería Electrónica y 73 alumnos del Grado en Ingeniería Informática del curso 2014/2015, Durante el curso académico 2015/2016, lo realizaron 59 alumnos del Grado en Ingeniería Electrónica y 34 alumnos del Grado en Ingeniería Agrícola.



Los resultados obtenidos de este segundo cuestionario, así como la agrupación por obtención de resultados se pueden ver en la *Tabla 20*:

	Actividades realizadas	CURSO 2014/2015		CURSO 2015/2016	Valores medios
		Ing. Electrónica 1er. Cuatrimestre	Ing. Informática 1er. Cuatrimestre	Ing. Electrónica 1er. Cuatrimestre	
Vistas normalizadas/ Capacidad espacial	Anfore 3D	3,4	3,6	4	3,7
	Stella 3D (PC)	3,6	3,6	4,1	3,8
	Stella 3D (Tableta)	3	-	-	3
	Realización de vistas normalizadas con Minecraft	-	-	4	4
Introducción sistemas CAD	Introducción AutoCad	2,9	3,2	3,5	3,2
	Primeros pasos en Inventor	3,4	3,8	4	3,7
	Primeros pasos en Inventor	-	3,1	3,9	3,4
	Ingeniería Inversa	-	-	4	4
Planos de Ingeniería	Práctica de normalización	2,8	2,5	3,4	2,9
	Plano de situación y emplazamiento	2,8		3,4	3,1
Presentación de proyectos de Ingeniería	Animación 3D conceptual	4,1	3,5	4	3,8
	Modelado conceptual 3D georreferenciado	-	2,6	3,9	3,2
	Taller de fabricación digital de bajo coste	-	-	4,4	4,4
	Creación de maquetas de terrenos	-	-	3,8	3,8
	Simulación gráfica de un proyecto de ingeniería	3,6	3,7	4	3,8
Técnicas de mejora de la creatividad	Taller de estrategias creativas	3,7	-	-	3,7
	Taller Creativo 2D	-	3,2	-	3,2
<b>Valor medio de la opinión de los estudiantes sobre la creatividad de cada actividad</b>					
<b>&lt; 3</b>	<b>3 - 3,4</b>	<b>3,5 - 4</b>		<b>&gt; 4</b>	
Práctica de normalización	Stella 3D (Tableta)	Anfore 3D		Realización de vistas normalizadas con Minecraft	
	Introducción AutoCad	Stella 3D (PC)		Ingeniería inversa	
	Introducción al BIM (Revit)	Primeros pasos en Inventor		Taller de fabricación digital de bajo coste	
	Plano de situación y emplazamiento	Animación 3D conceptual			
	Modelado conceptual 3D georreferenciado	Simulación gráfica de un proyecto de ingeniería			
	Taller creativo 2D	Creación de maquetas de terrenos			
		Taller de estrategias creativas			

Tabla 20: Resultados obtenidos sobre autopercepción de los alumnos



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

En esta primera fase, también se ha realizado un análisis y revisión bibliográfica de las diferentes tecnologías 3D de bajo coste, que se pueden aplicar para el aprendizaje del dibujo. Como punto de partida de esta tesis se utiliza el trabajo de investigación previo realizado por Jorge de la Torre Cantero (de la Torre-Cantero, 2013) que propone la suite Autodesk 123D y el programa SketchUp como nuevos paradigmas del modelado 3D en entornos educativos. Partiendo de este trabajo, se analizan nuevos programas que tengan las mismas características que los indicados en dicha tesis doctoral.

La mayoría de las tecnologías analizadas y usadas durante esta tesis son de reciente aparición y por lo tanto, son aplicaciones que están todavía en desarrollo, y en algunos casos algunas de ellas han desaparecido, o cambiado de denominación a lo largo de este trabajo de investigación. Por ejemplo, la aplicación 123D Make ahora se denomina Slicer for Fusion. Debido a ello, no existe mucha bibliografía que haga referencia a estas tecnologías y en algunos casos ha sido necesario realizar talleres de carácter práctico para verificar que se pueden implementar en el aula.

Las diferentes tecnologías 3D analizadas (software y hardware), son siempre de bajo coste o gratuitas lo que permite su utilización en cualquier contexto educativo. Estas tecnologías se detallan en las tablas *Tablas 21 y 22*.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Clasificación	Aplicación	Descripción	Sistema Operativo	Publicación asociada
Modelado 3D geométrico	123D Design	Modelado 3D geométrico que se basa en programas de modelado de AutoCad	iOS, Windows y Mac OS	Nº 10 Nº 12
	Formit	Modelador 3D enfocado para arquitectos que permite realizar bocetos en 3D	iOS, Android	Nº 10 Nº 14 Nº 12
	SketchUp	Permite modelar en 3D	Windows y Mac OS	Nº 12 Nº 04
	Fusion 360	Modelador 3D que permite el trabajo colaborativo	Windows y Mac OS	Nº 12
Reconstrucción fotográfica	123D Catch	Genera modelos 3D a partir de fotografías de objetos reales	iOS, Windows, Android, Mac OS, Navegador	Nº 10
Software de escaneo 3D mediante nube de puntos	Makerbot Digitalizer	Software que permite preparar los ficheros 3D para su impresión en impresora 3D	Windows y Mac OS	Nº 11
	Sense para ordenador	Software para escáner que funciona junto a un ordenador. Escanea desde habitaciones enteras hasta objetos pequeños	Windows y Mac OS	Nº 11
Creación de modelos 3D tangibles	123D Make	Convierte modelos digitales en plantillas para la construcción de un modelo 3D a mano con cartón, gomaeva, etc.	iOS, Windows y Mac OS	Nº 02 Nº 10 Nº 03 Nº 12 Nº 06 Nº 15 Nº 07
	Makerware (software de la impresora Makerbot)	Software que permite preparar los ficheros 3D para su impresión en una impresora 3D	Windows y Mac OS	Nº 01 Nº 12 Nº 05 Nº 11
Visualizador 3D	MeshLab	Vidualizador de modelos tridimensionales	iOS, Android, y Mac OS	Nº 02 Nº 03
	Ar Media	Visualizador de realidad aumentada	iOS, Android, y Mac OS	Nº 02 Nº 03
Videojuegos para la creación de objetos 3D digitales	Blokify	Juego tipo lego que permite crear libremente con bloques cuadrados	iOS Android	Nº 01
	Minecraft	Mundo virtual en 3D donde se construye a partir de bloques	iOS, Windows, Android, Mac OS	Nº 08 Nº 12 Nº 13
	Diseño generativo 2D	Programa de creación de diseño 2D mediante parámetros	Windows, Mac OS	

Tabla 21: Software (programas y aplicaciones) utilizadas en esta investigación



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Hardware	Descripción	Publicación asociada
Escáner 3D iSense	Escáner que funciona acoplado a un iPad mediante software gratuito	Nº 11
Escáner 3D 3DSense	Escáner de mano de funciona acoplado a cualquier ordenador con software gratuito	Nº 11
Escáner 3D Makerbot	Escáner de plato giratorio que funciona conectado a cualquier ordenador mediante software de bajo coste	Nº 11
Impresora 3D Makerbot Replicator 2	Impresora 3D de bajo coste (FDM con PLA)	Nº 01 Nº 05 Nº 02 Nº 11 Nº 03 Nº 12
Dispositivos digitales	iPad / Tableta	Nº 01 Nº 12 Nº 10 Nº 14 Nº 11
	Ordenador	Nº 02 Nº 07 Nº 11 Nº 03 Nº 08 Nº 12 Nº 04 Nº 09 Nº 13 Nº 06 Nº 10
	Dispositivos móviles	Nº 02 Nº 11 Nº 03 Nº 12 Nº 10
Maquetas tangibles	Maquetas realizadas principalmente con gomaeva o cartón	Nº 02 Nº 10 Nº 03 Nº 12 Nº 06 Nº 15 Nº 07

Tabla 22: Hardware utilizado en esta investigación

Es importante comentar, que hasta hace poco tiempo, el modelado 3D estaba reservado a expertos, debido entre otras cosas a la complejidad de los programas o los elevados costes de los mismos. En la actualidad, la aparición de aplicaciones de modelado 3D de sencilla interfaz y de uso gratuito han hecho posible que herramientas como la Suite Autodesk 123D, Autodesk Formit o SketchUp puedan ser utilizadas por personas que carecen de experiencia previa en este tipo de aplicaciones. Dentro del apartado de Introducción de la publicación **Nº 04: *Stella 3D: Introducing art and creativity in engineering graphics education*** se puede encontrar información sobre cómo utilizando el modelado 3D digital, se pueden crear actividades para la mejora de las habilidades espaciales. También en el apartado de antecedentes de la publicación **Nº 14: *Art and creativity in engineering graphics education using digital tablets with Autodesk Formit***, se hace un repaso sobre la aparición y uso de tabletas digitales en educación, así como de las características principales de la aplicación de modelado 3D Autodesk Formit.

Una de las tecnologías estudiadas en este trabajo, es aquella que nos permite crear modelos tangibles (maquetas). Algunos autores afirman que trabajar con modelos 3D tangibles puede aumentar el aprendizaje espacial (Alles, M. & Riggs, E.M., 2011; Stieff, M., 2011). En el ámbito docente (Ayala-Alvarez, F.J. et al, 2015) concluye que las tecnologías 3D mejoran el rendimiento académico y suponen un recurso didáctico intuitivo y atractivo en contenidos relacionados con la representación del relieve. En el apartado de Introducción de la publicación **Nº 02: *Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching*** se presenta un extenso estudio sobre las diferentes tecnologías digitales y tangibles para la representación del terreno como son la realidad aumentada, visualizadores 3D o los modelos digitales tangibles (maquetas) y sus ventajas para la mejora de la comprensión tridimensional de



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



los terrenos. También en la publicación **Nº03: Entornos gráficos avanzados para la representación del relieve cartográfico** se puede encontrar una reseña sobre este tema.

Una utilización práctica de la aplicación gratuita Autodesk 123D Make, que permite realizar un modelo tangible o maqueta del terreno a partir de un modelo 3D digital, se detalla en los artículos **Nº 06: 3D Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education**, **Nº 07: Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa** y **Nº15: Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad**. Esta aplicación ha cambiado su denominación a Slicer for Fusion.

Para la creación de modelos 3D, las aplicaciones 123D Design, 123D Catch, 123D Make y Autodesk Formit se han utilizado en diferentes talleres con estudiantes y profesores. También se han sido usadas para validar la posibilidad de realizar actividades con dichas aplicaciones en entornos educativos. Las propuestas de actividades de dichos talleres pueden verse en la publicación **Nº10: Prototipado digital, fabricación e impresión 3D**. Talleres prácticos capítulos 2,3,4 y 6: 2) "Crea tus prototipos con 123D Design"; 3) "Convierte tus fotografías en modelos 3D con 123D Catch"; 4) "Soy arquitecto por un día" y 6) "Del modelado a la fabricación con 123D Make".

Las tecnologías de impresión 3D y de scanner 3D se han utilizado en un taller práctico con los alumnos del Grado de Biología de la Universidad de la Laguna para obtener réplicas digitales de fósiles reales. En esta actividad se utilizaron tanto ordenadores como dispositivos móviles. El software usado fue 123D Catch, MakerWare for Digitalizer y Makerbot. Esta experiencia y las tecnologías empleadas se describen en el capítulo 23 del libro "De la innovación imaginada a los procesos de cambio" del Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna y corresponde con la publicación **Nº 11: Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste**, presentada en este trabajo de tesis.

Una aplicación de las impresoras 3D para crear material docente al objeto de fomentar la creatividad en dibujo, se puede ver en el artículo **Nº05: Tangible 3D Printed Workshop for Introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject**. Dicho material, al estar creado para ser impreso en 3D permite ser replicado tantas veces como sea necesario a un coste asumible por los centros educativos.

Para crear objetos 3D habitualmente se utilizan software de modelado 3D específico para esta tarea (SketchUp, Autodesk Formit, ...) sin embargo existen videojuegos cuyo objetivo también es la creación de objetos 3D. Una amplia relación de los videojuegos que permiten construir objetos 3D se puede encontrar en el Trabajo fin de Máster (Urrios, R. & Saorín, J.L., 2016). En este trabajo de tesis se han utilizado dos videojuegos del tipo de construcción por bloques (Block by Block), Blokify y Minecraft. Estos videojuegos se han utilizado como método de aprendizaje para la mejora de la habilidad espacial y fomento de la creatividad. Se diseñaron actividades para incluir en la asignatura Educación Plástica y Visual y en la asignatura de Dibujo Técnico, ya que en éstas se trabaja la relación entre figuras tridimensionales y su representación bidimensional. Blokify está descrito en la publicación **Nº 01: Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva**. El videojuego Minecraft está detallado en las publicaciones **Nº 13: Creación e inserción de modelos 3D en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en Ingeniería** y **Nº 08: Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity**. Este videojuego, además de construir con bloques, permite introducir modelos 3D realizados en otros programas y diseñar un mundo virtual que se puede recorrer de manera sencilla. Las piezas que se encuentran dentro de este mundo, también pueden ser impresas



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

mediante una impresora 3D.

Como última tecnología utilizada en esta investigación, se ha trabajado con una aplicación de diseño generativo gratuita denominada Nodebox. El diseño generativo o paramétrico, está basado en la generación de geometrías de manera automática a partir de la modificación de las variables que las definen (Jabi et al. 2017). Mediante el cambio de parámetros, se puede controlar las diferentes variaciones del diseño provocando infinitas soluciones (Kolarevic, B., 2003; Lawson, B., 2002). Esta posibilidad de generar infinitas soluciones del diseño paramétrico podría ser decisiva para fomentar la creatividad del usuario (Qian, Chen & Woodbury, 2007; Schnabel, M., 2007) sin embargo, hay una falta de evidencia empírica que conecte los procesos y herramientas de diseño paramétrico a la producción de resultados de diseño creativo (Yu, Gu y Ostwald, 2018).

La aplicación Nodebox está desarrollada por el grupo de investigación Experimental Media Research Group (EMRG) asociado a la Escuela de Artes Sint Lucas de Karel de Grote-Hogeschool (Amberes, Bélgica). Este grupo realiza, desde el año 2004, investigación de vanguardia en el dominio de gráficos por ordenador, experiencia del usuario, creatividad, pero también en inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural. Además, Nodebox es una aplicación de código abierto y está disponible para su uso de manera gratuita (<https://www.nodebox.net/>).

Muchas de las tecnologías analizadas en esta primera fase, se han integrado en un libro de propuestas de actividades, correspondiente a la publicación Nº12: ***“Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo”***. ***Este libro incluye actividades en las que se utilizan estas tecnologías como recurso para el aprendizaje del dibujo técnico.***

Las actividades propuestas incluidas en esta publicación se engloban en tres grupos en base a lo que se trabaja en ellas:

- I) *“Ejercicios para la mejora de la capacidad espacial y vistas normalizadas”;*
- II) *“Recursos para la presentación de proyectos de ingeniería”*
- III) *“Creación de maquetas y prototipos mediante fabricación digital”.*

En total se ha diseñado una propuesta de 21 actividades con ejercicios de dibujo en los que el alumno puede explorar diferentes soluciones, con el objetivo de fomentar la competencia creativa, como capacidad para generar nuevas ideas o de ofrecer varias soluciones a un mismo problema. Por otro lado, al incluir en el diseño de las actividades el uso de tecnologías de modelado 3D, fabricación digital y videojuegos se estimula la motivación, haciendo posible visualizar las soluciones de los ejercicios en múltiples formatos (videojuegos, objetos tangibles, digitales...). Las 21 actividades que incluye la publicación, se presentan con un diseño instruccional en el que se especifican, para cada una de ellas, aspectos tales como el grado de dificultad, el nivel requerido para su realización, los materiales necesarios o cada uno de los pasos a seguir para su realización.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## FASE II

El objetivo de esta fase es la validación de las tecnologías 3D de bajo coste analizadas, así como la validación de competencias y contenidos relacionados con las asignaturas de dibujo técnico. Para este cometido, se realiza una selección de actividades incluidas en la publicación Nº 12 anteriormente mencionada, que es uno de los resultados de la Fase I.

Con esta selección de actividades, se realizan casos prácticos que nos permitan validarlas. A pesar de que en esta fase no se realizan mediciones sobre mejora de la creatividad, se decide hacer uso de cuestionarios, en los que se pregunta a los participantes sobre su opinión respecto a la posible mejora de la creatividad al utilizar las tecnologías y recursos propuestos. Los casos prácticos realizados durante esta segunda fase han sido los siguientes:

Nº	Hardware	Tecnología empleada	Contenidos y competencias validadas
04	Stella 3D	PC SketchUp	Vistas normalizadas Inclusión del arte en las enseñanzas técnicas
05	Stella 3D con Tableta	Tableta Formit SketchUP	Vistas normalizadas Inclusión del arte en las enseñanzas técnicas
06	Vistas normalizadas con Blokify	Tableta Impresoras 3D Blokify	Vistas normalizadas Perspectiva
07	Minecraft I	PC Impresora 3D Minecraft	Vistas normalizadas Habilidades espaciales
08	Maquetas con secciones apiladas I	PC Impresora de papel 123D Make	Sistema acotado Interpretación de planos cartográficos
09	Maquetas con secciones apiladas II	PC Impresora de papel 123D Make	Sistema acotado Interpretación de planos cartográficos

Tabla 23: Relación de tecnologías, contenidos y competencias por cada caso práctico de la Fase II



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

#### CASO PRÁCTICO Nº 04: *Stella 3D*

Este caso práctico consiste en la realización del taller Stella 3D, el cual parte de la plataforma web de contenidos relacionados con el Análisis de las Formas y su Representación, denominada Anfore 3D ([www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)). Creada en 2012 por el grupo de Desarrollo de Habilidades Espaciales de la Universidad de La Laguna (DEHAES), la plataforma Anfore 3D ofrece distintas estrategias para la mejora de las habilidades espaciales mediante la realización de ejercicios en diversos formatos que van desde el tradicional con láminas de papel a la realización de ejercicios mediante modelado 3D, realidad aumentada e impresión 3D (De la Torre-Cantero et al., 2012).

Esta web se inicia con un taller específico para la formación en Vistas Normalizadas, denominado "Anfore 3D Vistas Normalizadas". Este taller ofrece ejercicios diseñados para tener una única solución. Este tipo de ejercicios permiten comprender la relación entre el mundo 2D y el mundo 3D, pero no son los más apropiados para desarrollar la creatividad.

En 2013, se diseña el taller Stella 3D y se integra en la plataforma Anfore 3D. El objetivo de este taller era incluir la competencia creativa y la artística en los ejercicios de vistas normalizadas que tradicionalmente se realizan en los Grados técnicos. Como estrategia de diseño, se parte de la obra pictórica "Polígonos irregulares" de Frank Stella, compuesta por once piezas diferentes que se toman como referencia bidimensional para generar diferentes soluciones tridimensionales.

Este taller se validó en el año académico 2013-2014 con 104 alumnos del primer curso de los Grados de Ingeniería Agrícola e Ingeniería Electrónica de la Universidad de La Laguna. La descripción del taller y del proceso de validación se detalla ampliamente en la publicación **Nº 04: *Stella 3D: Introducing art and creativity in engineering graphics education.***

Para este taller se diseñó una plantilla por cada una de las once obras de la mencionada serie pictórica de Frank Stella con el objetivo de hacer que el usuario pudiera realizar los ejercicios con el mínimo de instrucción en el manejo de SketchUp, el software de modelado 3D elegido para su realización.

Con un ordenador por cada participante para la realización del taller, los alumnos debían escoger una de las once obras pictóricas de Frank Stella y realizar una figura tridimensional partiendo de la obra pictórica elegida. En esta experiencia se realizaron mediciones de la mejora de habilidades espaciales mediante el Test de Rotación Mental (MRT) y el Difference Aptitude Test (DAT). También se hicieron mediciones de la mejora del aprendizaje, utilizando ejercicios pertenecientes al examen de acceso a la Universidad. Y finalmente, se realizó un cuestionario a los alumnos respecto a su opinión sobre aspectos creativos, obteniendo resultados favorables en cada uno de los apartados estudiados.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 05: *Stella 3D con tableta digital*

Este caso práctico, es una adaptación del taller Stella 3D para su realización con tabletas digitales en vez de con ordenador. Con este taller se busca los mismos objetivos que el taller anterior, además de evaluar la aceptación del uso de las tabletas digitales en la realización de los ejercicios del taller. Ahora, en vez de realizarlo con SketchUp para ordenador, se utiliza la aplicación Autodesk Formit disponible para tabletas digitales (iOS y Android).

Según el estudio de 2014 denominado "Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablets y Smartphones", las tabletas digitales y dispositivos móviles son usados por el 30% de los niños españoles de 10 años de edad. A los 12 años, casi el 70% dispone ya de este tipo de tecnología, y a los 14 años el 83% (Cánovas, G., 2014). Uno de los estudios más extensos sobre tabletas digitales "The iPad as a tool for education: a case study" (Heinrich, P., 2012) demuestra el impacto significativo en la enseñanza y en el aprendizaje de los alumnos. Además, las tabletas digitales, debido a su portabilidad y su autonomía, permiten convertir cualquier aula en un espacio digital, eliminando la problemática asociada a las aulas de ordenadores. Debido a esto, se decidió dar un giro a la experiencia realizada en el caso práctico anterior (Nº 04) y realizar la actividad mediante el uso de tabletas digitales.

Un objetivo principal de este caso práctico era obtener la opinión de los alumnos sobre las tecnologías usadas, así como sobre la importancia del aspecto creativo dentro la ingeniería. Para ello se pasaron dos cuestionarios. Este caso práctico se encuentra detallado en la publicación **Nº 14: *Art and creativity in engineering graphics education using digital tablets with Autodesk Formit.***

Esta experiencia realizada en el curso 2014-2015 con 51 alumnos del primer curso de Ingeniería Eléctrica, se llevó a cabo en dos fases.

En la primera de ellas, se realizó una breve introducción sobre el uso de la app Autodesk Formit, para posteriormente realizar dos actividades. La primera actividad consistía en realizar el modelo 3D de dos figuras dadas en perspectiva isométrica, mientras que en la segunda, los alumnos debían dibujar en un papel la planta de una vivienda sencilla, introducirla en Autodesk Formit y finalmente, a partir de esa planta realizar un modelo 3D

La segunda fase corresponde a la realización del taller *Stella 3D* usando Autodesk Formit. Para la realización del taller los alumnos fueron separados por grupos y a cada grupo se le dio un iPad. Usando los contenidos de la web [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com), cada grupo tuvo que llevar a cabo el taller con una pintura diferente de Frank Stella. Se pedía que realizaran cuatro soluciones diferentes de la misma pintura escogida.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

#### CASO PRÁCTICO Nº 06: *Vitas normalizadas con Blokify*

Al igual que lo realizado en el caso práctico Nº 05, en este caso práctico se utilizan tabletas digitales para la realización de la actividad. Se trabajan aspectos de vistas normalizadas y perspectiva. Sin embargo, se utilizó Blokify (un videojuego para iPad) como herramienta de aprendizaje y las impresoras 3D para materializar los diseños de los alumnos.

El uso de los videojuegos con fines educativos lleva investigándose desde hace tres décadas. En 1978, G. Ball publicó el artículo "Telegames Teach More Than You Think" (Ball, G., 1978) en el que estableció cuatro áreas para la evaluación de los videojuegos como medios didácticos: el desarrollo instructivo de los videojuegos, el desarrollo de habilidades por parte de los videojuegos, el diseño de los videojuegos y su capacidad de adaptabilidad y flexibilidad. Uno de los estudios sobre el potencial instructivo de los juegos, realizado por B. Lowery y F. Knirk (Lowery & Knirk, 1982-83), más concretamente sobre los videojuegos, destaca la mejora en habilidades espaciales y el beneficio de la simulación tridimensional, aspecto también fundamental de la visualización espacial. En España, en la Universidad de la Laguna, existe una experiencia que utiliza el videojuego Tetris como herramienta educativa para la mejora de la visión espacial (Saorín, J.L., et al, 2009).

Blokify es un juego gratuito, disponible para tabletas iPad que permite construir figuras mediante el uso de bloques en forma de cubos. Es un juego de tipo sandbox (es decir que no hay que cumplir ningún objetivo y que el jugador puede crear con libertad), de interfaz muy sencilla e intuitiva. Dispone únicamente de dos funciones de construcción, una es colocar bloques y la otra eliminarlos. Prácticamente no es necesario un aprendizaje, dado que solo se necesitan las instrucciones básicas de cómo rotar el espacio y moverse en el entorno de modelado tridimensional. Además, la aplicación cuenta con la posibilidad de imprimir en 3D los modelos diseñados.

Todos los detalles sobre este caso práctico, se pueden consultar la publicación Nº 01: ***Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva***, donde se detalla de manera más extensa.

La actividad se llevó a cabo durante el curso 2013-2014 con 70 alumnos de 3º y 5º de primaria y 4º de la ESO. En ella, se realiza una propuesta educativa a partir de ejercicios impresos con la representación de formas 3D y de vistas normalizadas. Estos ejercicios forman parte del taller de modelado 3D disponible en el portal Anfore 3D ([www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)). Dadas las características para construir modelos 3D de Blokify, las figuras elegidas como enunciado se pueden construir por apilado de cubos. La tarea propuesta a los alumnos era realizar el mayor número de piezas posibles en el tiempo de una clase lectiva. Primero se realizaron los ejercicios a partir de la perspectiva y después a partir de las vistas normalizadas.

Los resultados de aprendizaje obtenidos son satisfactorios, mostrando que un gran número de alumnos pudieron acabar los ejercicios planteados. Con respecto a las encuestas se puede afirmar que los alumnos prefieren realizar ejercicios de perspectiva y vistas normalizadas mediante el modelado 3D en tabletas digitales, así como que el uso de impresoras 3D en el aula incrementa la motivación de los alumnos debido a la posibilidad de ver su trabajo fabricado.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 07: *Minecraft I*

Minecraft es un videojuego del estilo de Blokify, ambos son el tipo de juego sandbox, con el que se puede construir cualquier libremente cualquier objeto. Reúne muchas características que permite su utilización en contextos educativos para incluir el diseño tridimensional en las aulas. Además, Minecraft se juega en un escenario (Mundo) tridimensional, en el cual los jugadores tienen que moverse por el entorno de tal manera que fomenta las habilidades de orientación y visualización espacial. Dichos mundos pueden ser personalizados.

Para la realización de este caso práctico se ha diseñado una actividad con Minecraft que tiene como objetivo el aprendizaje de vistas normalizadas. Además, se realiza un cuestionario para conocer la opinión de los alumnos sobre el uso del videojuego Minecraft como herramienta de aprendizaje y también, sobre la importancia de la creatividad en estudios de ingeniería.

Los detalles sobre este caso práctico se encuentran en la publicación **Nº 13: *Creación e inserción de modelos 3D en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en Ingeniería.***

Esta actividad se realizó por grupos durante el curso académico 2015-2016 con 34 alumnos de Ingeniería Electrónica de la Universidad de La Laguna. Para su realización fue necesario diseñar un mundo de Minecraft personalizado, donde cada grupo tenía su propia parcela de trabajo. Estas parcelas se dividen en tres zonas. En la primera, se incluye el busto de un alumno de cada grupo, (escaneado previamente), en la segunda zona se encuentra una figura modelada por los alumnos y por último, la tercera zona corresponde al espacio donde el grupo deberá modelar con las herramientas de Minecraft. El objeto que deben modelar es una figura dada por sus vistas de planta, alzado y perfil, incluidas en el portal Anfore 3D. Al finalizar esta actividad, los alumnos fabricaron mediante una impresora 3D la pieza realizada en Minecraft.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 08: *Tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve topográfico*

La comprensión del relieve topográfico es necesaria para la integración de proyectos de arquitectura e ingeniería en el entorno. Sin embargo, la interpretación tridimensional del relieve a partir de representaciones 2D genera dificultades para los estudiantes de ingeniería, detectándose en la formación universitaria carencias para la interpretación de las formas del relieve (Carter et al., 2005). Las maquetas de terreno, pueden ayudar a suplir esta carencia. La aparición de tecnologías de fabricación digital de bajo coste permiten crear maquetas de terrenos que ayuden a la mejora de la interpretación del relieve topográfico por parte de los alumnos.

En este caso práctico se utilizan tecnologías de bajo coste (realidad aumentada, visualizadores 3D, impresoras 3D y la aplicación 123D Make) como estrategia para el aprendizaje del sistema acotado y de la interpretación de planos topográficos. Como herramienta para medir la mejora de interpretación de terrenos, se usa el Topographic Map Assessment (TMA). Para conocer la opinión de los participantes sobre la utilización de este tipo de tecnologías como estrategia para el aprendizaje se utiliza un cuestionario

Este caso práctico se encuentra detallado en la publicación Nº 02: *Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching* y de manera más simplificada en la publicación Nº 03: *Entornos gráficos avanzados para la representación del relieve cartográfico*.

Esta actividad se llevó a cabo durante el curso académico 2015-2016 con 32 alumnos de segundo curso del Grado de Ingeniería Agrícola de la Universidad de La Laguna. Consistía en repartir entre los alumnos 4 terrenos diferentes, representados tanto en 2D como en 3D. Se realizó en dos fases.

En la primera, se repartieron 5 planos por cada terreno, representados con técnicas técnicas cartográficas 2D. Cada mapa contiene preguntas sobre interpretación del terreno. En la segunda fase, se realizan las mismas preguntas a los alumnos, pero partiendo de representaciones tridimensionales de los mismo terrenos. Al finalizar, los participantes verificaron si la interpretación que habían hecho del terreno usando las representaciones 2D se correspondía con la interpretación que hicieron con las versiones 3D.

A través del Topographic Map Assessment, se comprueba que los alumnos experimentan un aumento en la capacidad de interpretación del terreno cuando utilizan modelos tridimensionales.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



### CASO PRÁCTICO Nº 09: *Maquetas de terrenos con secciones apiladas I*

En este último caso práctico llevado a cabo en la Fase II, se presentan los resultados de dos experiencias. En ambas, se trabaja el concepto de planos acotados e interpretación de terrenos, pero al contrario de lo realizado en el caso práctico Nº 08, que se hacía por comparación de diferentes tipos de tecnologías, en esta ocasión, se pretende conseguir la adquisición de estos conceptos mediante la fabricación de la maqueta del terreno. Además, al ser este el último caso práctico de la Fase II, en la segunda experiencia se quiso realizar una validación preliminar de este taller con respecto a la creatividad.

La primera experiencia fue llevada a cabo durante el curso 2015-16 con 33 alumnos universitarios. Los alumnos debían construir una maqueta del terreno a partir de un fichero digital STL. Para la construcción de la maqueta se utiliza el programa 123D Make (actualmente denominado Slicer for Fusion).

La segunda experiencia, llevada a cabo durante el curso 2016-17 se realiza con alumnos del Máster del profesorado de la Universidad de La Laguna. Se trata de una validación preliminar de la mejora de la creatividad, en la que se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para ello los alumnos escogen la zona que quieren representar, y determinan los tamaños y escalas con las que trabajar. Una vez escogido el terreno, se crea la maqueta digital 3D y se fabrica con las técnicas de la experiencia anterior.

Para medir la variación de la competencia creativa en los alumnos se utilizó el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC), antes y después de la experiencia. Esta primera validación del taller con pocos alumnos, como herramienta para fomentar la creatividad obtuvo resultados positivos, lo que invitó, en la Fase III a realizar la misma validación con otras actividades y un mayor número de alumnos

Los detalles de estas dos experiencias, se pueden consultar la publicación Nº 07: *Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa.*



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### FASE III

Una vez realizados los casos prácticos de la fase II, en la que se ha validado el aprendizaje de los contenidos planteados en cada uno de ellos y que además, las tecnologías 3D de bajo coste se pueden integrar en las aulas, en esta tercera fase, se presentan los resultados sobre la validación de cuatro casos prácticos desde el punto de vista de la creatividad. Se ha utilizado como herramienta de medición el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC).

Los tres primeros casos prácticos que se presentan en esta fase siguen la temática de los talleres presentados en las fases I y II (maquetas de terrenos, videojuegos, ...). Sin embargo, el caso práctico número cuatro de esta tercera fase incorpora una nueva tecnología de bajo coste aplicada al dibujo, el software de diseño generativo.

Los casos prácticos realizados, de acuerdo a la nomenclatura utilizada en el apartado de metodología han sido los siguientes:

Nº	Hardware	Tecnología empleada	Contenidos y competencias validadas
10	Stella 3D Tangible Puzzle	Material tangible Impresora 3D	Vistas normalizadas Inclusión del arte en las enseñanzas técnicas Creatividad
11	Minecraft I	Ordenador Minecraft	Vistas normalizadas Creatividad
12	Maquetas con secciones apiladas II	Ordenador Impresoras papel 123D Make	Sistema Acotado Interpretación de planos cartográficos Creatividad
13	Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox	Ordenador Nodebox	Diseño 2D paramétrico Creatividad

Tabla 24: Relación de tecnologías, contenidos y competencias por cada caso práctico de la Fase III



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 10: *Stella 3D Tangible Puzzle*

En la asignatura de Expresión Gráfica en Ingeniería, uno de los contenidos a estudiar es la relación entre los objetos tridimensionales y sus vistas normalizadas en dos dimensiones. Para el aprendizaje en asignaturas relacionadas con conceptos de naturaleza tridimensional, el uso de recursos didácticos tradicionales en 2D como libros, planos o dibujos puede ser insuficiente para la comprensión espacial.

Por este motivo, el uso de objetos o modelos tangibles como recurso didáctico complementario es normal y hay autores que señalan el modelo como elemento docente de primer orden (Alvarez, F., 2011). En ingeniería y arquitectura es común usar maquetas, en geografía se usan mapas en relieve, en ingeniería se utilizan piezas metálicas que se pueden manipular y en estudios artísticos es normal usar réplicas tridimensionales de trabajos escultóricos, por nombrar sólo algunos ejemplos en la educación superior a nivel universitario. En la enseñanza preuniversitaria, también es habitual que los estudiantes creen sus propios modelos como un paso más en el proceso de aprendizaje (Sardá, S. & Márquez, C., 2008).

Por este motivo, para desarrollar esta habilidad y teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado sobre el aprendizaje mediante modelos tridimensionales tangibles, se diseñó una actividad llamada *Stella 3D Tangible Puzzle*. Esta actividad se desarrolla a partir del taller Stella 3D, descrito en la publicación Nº 04: *Stella 3D: Introducing art and creativity in engineering graphics education* y tiene como objetivo principal el manejo y la creación de composiciones de piezas tridimensionales tipo rompecabezas, como un experimento para promover la capacidad creativa y la capacidad de visión espacial.

Este caso práctico se encuentra detallado en la publicación Nº 05: *Tangible 3D Printed Workshop for Introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject*.

*Stella 3D Tangible Puzzle* es un material educativo impreso en 3D, donde las piezas se pueden manipular de manera que los estudiantes realicen una composición tridimensional a partir de una obra pictórica bidimensional. El objetivo final de esta composición sigue siendo apreciar el trabajo original de Frank Stella cuando se visualiza frontalmente para posteriormente representar tanto las diferentes vistas como la perspectiva de la composición realizada.

El diseño de este taller, conllevó la realización de un repositorio de diferentes piezas impresas en 3D. El repositorio completo está compuesto por veintiséis piezas, las cuales forman un conjunto, con el que es posible crear más de 1500 soluciones diferentes. Este taller se diseñó con un embalaje que nos permite acceder tanto a las instrucciones del taller, como al repositorio de piezas, desde donde se puede descargar el modelo digital de cada una de ellas para poder ser impreso en 3D tantas veces sea necesario. Además, también da acceso a los demás documentos necesarios para la realización de la actividad.

Finalmente, esta actividad se llevó a cabo durante el año académico 2016-2017 por 31 estudiantes en el primer año de Ingeniería en la Universidad de La Laguna. Los estudiantes fueron separados aleatoriamente en dos grupos, uno experimental (19 estudiantes) y otro control (12 estudiantes). El grupo experimental realizó el taller Stella 3D Tangible Puzzle y el grupo de control no realizó esta actividad, pero hicieron ejercicios tradicionales de papel y lápiz. Antes y después de la realización del taller, se le pasó a todos los estudiantes el TAEC, de esta manera se pudo validar el fomento de la creatividad, obteniendo resultados positivos (el grupo experimental pasó de 93,8 a 132,0 sobre 324 y el grupo de control pasó de 92,8 a 96,2 sobre 324).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 11: *Minecraft II*

En esta tercera fase se vuelve a realizar un taller en el que se utiliza el videojuego Minecraft como herramienta didáctica, pero en este caso, se quiere comprobar si esta actividad ayuda a fomentar la creatividad de los alumnos. Además, se pretende conocer la opinión de los participantes a través de un cuestionario sobre el uso de videojuegos como método de aprendizaje.

En este taller se pedía a los alumnos que realizarán dos actividades utilizando el videojuego Minecraft. Para ello, fue necesario diseñar previamente el mundo de Minecraft donde los participantes iban a trabajar. Este mundo era plano, en él se encontraban dos recintos delimitados por rectángulos, uno rojo y otro azul. Dentro de estos rectángulos los alumnos debían realizar cada una de las actividades que se les pedía.

Este caso práctico está descrito de manera más extensa en la publicación Nº 08: *Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity*, la cual está enviada y en proceso de revisión en la revista *Technology, Pedagogy and Education*.

Este taller se realizó durante el curso 2016-2017 y se lleva a cabo con 15 alumnos del Máster en Formación del Profesorado de la Universidad de La Laguna. Los participantes fueron asignados aleatoriamente en grupos de dos. Antes de comenzar con la actividad realizaron el test TAEC, para posteriormente comenzar con la primera actividad. Esta primera actividad o "actividad de entrenamiento", consistía en que los alumnos escogían una entre doce figuras dadas, las cuales estaban representadas por sus vistas normalizadas, posteriormente realizaban a mano su perspectiva. Después de esto, los alumnos debían construirla en Minecraft dentro del recinto correspondiente. La segunda actividad, denominada "La casa de tus sueños" consistía en que los alumnos creaban una casa en el segundo recinto y posteriormente realizaban las vistas normalizadas y una perspectiva de la misma.

Después de realizar las dos actividades, se volvió a pasar a los participantes el test TAEC, así como el cuestionario relacionado con la actividad. Tanto en el test como en el cuestionario se llegó a la conclusión de que esta actividad mejora la competencia creativa de los participantes, ya que obtuvieron una mejora de 58,5 puntos en el Test TAEC (se pasó de 123 a 182,5 sobre 324).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## CASO PRÁCTICO Nº 12: *Maquetas de terrenos con secciones apiladas II*

Está demostrado que el uso de objetos tridimensionales ayuda a la mejora del pensamiento espacial (Andrade et al., 2012). Además, los contenidos se aprende más rápidamente mediante el uso de objetos tridimensionales (Hechinger & Knoll, 1995). En el campo de la educación en ingeniería de topografía, se han llevado a cabo investigaciones para promover la capacidad de interpretar el relieve utilizando representaciones de terreno en 3D con resultados positivos, en los que el instructor proporcionó estos modelos 3D al alumno (Andrade et al., 2012).

En esta actividad, y como ya sucedió con el caso práctico Nº 09, se propone un cambio en la estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que el alumno crea el objeto de aprendizaje utilizando herramientas 3D de bajo coste. Además, la actividad que a continuación se describe, pretende corroborar los datos obtenidos sobre creatividad en el caso práctico Nº09, donde se realizó una validación preliminar del taller.

Este taller, que se describe dentro de la publicación **Nº 06: *3D Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education***, tuvo lugar en el curso 2016-2017 con ochenta y dos estudiantes de ingeniería en la Universidad de La Laguna. Los alumnos se separaron en dos grupos: el grupo experimental, compuesto por cincuenta y siete estudiantes y el grupo de control compuesto por veinticinco estudiantes. Ambos grupos realizaron la medición de la creatividad al principio y al final del experimento, aunque solo el grupo experimental llevó a cabo el taller de creación de terrenos. Después de llevar a cabo el taller, todos los alumnos respondieron al cuestionario sobre la realización de terrenos con tecnologías de bajo coste obteniendo resultados positivos sobre el uso de este taller como estrategia para el fomento de la creatividad (el grupo experimental obtuvo 84 en el pres test y 122 sobre 324 en el post test, mientras que el grupo de control obtuvo 85,6 en el pre test y 96,2 en el post test sobre 324).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### CASO PRÁCTICO Nº 13: *Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox*

En el último caso práctico de este trabajo de tesis se ha dirigido la investigación hacia otro nuevo concepto de modelado. Esta nueva línea de trabajo se centra en el diseño generativo, paramétrico, procedural y el computacional. Existen varias aplicaciones informáticas que trabajan en esta línea, como por ejemplo Grasshopper, Houdini, Dynamo, ... Este tipo de software supone un cambio significativo en relación con las aplicaciones de creación de contenidos 3D trabajadas en esta tesis, dado que son entornos de programación gráfica que requieren un mayor tiempo para su aprendizaje.

Sin embargo, como estrategia para el aprendizaje del diseño generativo con este tipo de aplicaciones de programación gráfica, en este caso práctico se ha utilizado la aplicación gratuita de diseño generativo 2D Nodebox, la cual tiene una baja curva de aprendizaje. El diseño generativo, en esta tesis sólo se va a trabajar en este caso práctico. Sin embargo esta primera aproximación, sirve como inicio de una nueva línea de investigación para que en futuros trabajos, se investigue con más profundidad el uso del diseño generativo en el entorno del dibujo técnico.

La aplicación Nodebox está desarrollada por el grupo de investigación Experimental Media Research Group (EMRG) asociado a la Escuela de Artes Sint Lucas de Karel de Grote-Hogeschool (Amberes, Bélgica). Este grupo realiza, desde el año 2004, investigación de vanguardia en el dominio de gráficos por ordenador, experiencia del usuario, creatividad, pero también en inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural. Además, Nodebox es una aplicación de código abierto y está disponible para su uso de manera gratuita (<https://www.nodebox.net>).

La experiencia llevada a cabo con Nodebox se realizó durante el curso 2017- 2018 con veintidós alumnos de 1º y 2º de bachillerato en un instituto de enseñanza secundaria, con el objetivo de comprobar si los alumnos mejoran su creatividad mediante la realización de este taller.

Esta experiencia parte del proyecto "*Diseño generativo para modelar la creatividad*", en el marco de la convocatoria de proyectos para el Desafío TF2030 del Cabildo de Tenerife, en el que se contempla la realización de varios talleres. Uno de ellos es el "*Taller de introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox*".

El objetivo de este taller es realizar una aproximación a conceptos de diseño generativo, como nuevo paradigma de creación digital y a los procedimientos necesarios para trabajar con una de las principales aplicaciones open source orientadas al diseño generativo y visualización de datos, como es Nodebox.

Este taller se desarrolló en dos sesiones de tres horas cada una. En la primera, se realizó una introducción al diseño generativo, así como una introducción a Nodebox aplicado a este tipo de diseño. En esta introducción se les explicó a los alumnos, la manera de dibujar mediante nodos, así como los nodos más importantes para empezar a utilizar la aplicación. También se realizaron ejercicios de experimentación gráfica con Nodebox en los que los alumnos realizaron animaciones a partir de formas geométricas usando nodos como copy, colorize, line, text, entre otros. En la siguiente imagen se pueden ver algunos resultados de los ejercicios realizados por los participantes. Además, al finalizar esta primera sesión los alumnos realizaron el test TAEC.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

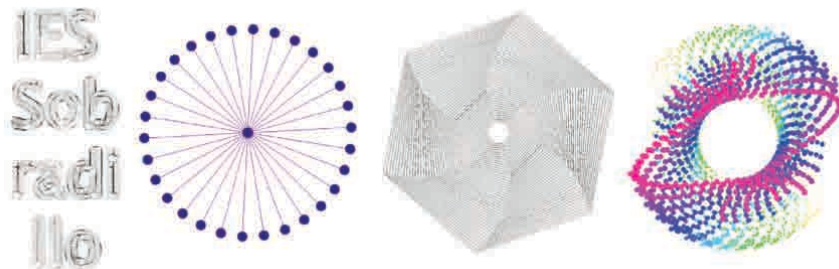


Figura 01. Algunos de los resultados obtenidos por parte de los alumnos en el taller de Nodebox

En la segunda sesión, llevada a cabo cuatro semanas después, se realiza una introducción a la visualización de datos (Visual Data). Posteriormente, los participantes realizan ejercicios de experimentación gráfica con Nodebox, en este apartado, se le pidió que realizaran una animación con las herramientas vistas anteriormente, muchos optaron por realizar una animación con texto. En la web del IES Sobradillo, se pueden ver algunas de las animaciones diseñadas por los alumnos <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/edublog/ieselsobradillo>. Al terminar esta segunda sesión, se le vuelve a pasar a los alumnos en test TAEC.

Los resultados del test de creatividad son los siguientes:

Nº Alumnos	Pre Test (Desv. Est.)	Post Test (Desv. Est.)	Ganancia	P-Valor
22	81,2 (34,74)	86,0 (41,10)	4,8	0,47

Tabla 25: Resultados de creatividad obtenidos en el caso práctico Nº 13

Para comprobar si la mejora de los resultados es estadísticamente significativa, se realiza una prueba T-Student entre los valores Pre y Post Test. De dicha prueba se obtiene un P-valor de 0,47.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## DISCUSIÓN

Cuando se comenzó con este trabajo de tesis, en el año 2013, se realizó un estudio de tecnologías de bajo coste apropiadas para su uso en el aula. Para ello, se tomó como referencia parte del trabajo realizado en la tesis de Jorge de la Torre Cantero (de la Torre-Cantero, 2013) en la que se mostraba un listado de tecnologías de bajo coste para la realización de ejercicios de modelado 3D enfocados a la enseñanza del dibujo técnico. Entre esas tecnologías destaca SketchUp y la Suite 123D, desarrollada por Autodesk.

Estas aplicaciones están en continuo cambio, como pasa con Sketchup, o 123D Make, (actualmente, SketchUp dispone ya de una versión online, y 123D Make se ha pasado a denominar Slicer for Fusion). Algunas de ellas han desaparecido en el transcurso de esta investigación, como ocurre con la suite de Autodesk denominada 123D. Esta suite, que estaba siendo muy utilizada en entornos educativos, ya no está disponible. Esto ha provocado la necesidad de cambiar o adaptar las actividades planteadas en esta tesis a medida que desaparecían o se modificaban dichas tecnologías. Lo mismo ha ocurrido cuando surge alguna nueva aplicación con características adecuadas para su uso en las aulas, como es el caso de Nodebox. Por otro lado, como se explica en la publicación **Nº 01: *Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva***, sobre el año 2005 se creó el proyecto RepRap con el objetivo de abaratar costes asociados a la impresión 3D. Esta iniciativa dio lugar a la popularización de dichas máquinas y gracias a esto, para el desarrollo de esta tesis se contó con varias impresoras 3D de la marca Makerbot. Sin embargo, a lo largo de estos años, MakerBot se ha posicionado como una marca de precio medio-alto y por otro lado, han aparecido nuevas marcas de impresoras, como BQ o Ultimaker, que tanto por las prestaciones como por su precio, son adecuadas para usar en entornos educativos.

Por otro lado, existen pocas investigaciones que midan la creatividad en Ingeniería. En España, existe un trabajo de tesis de la Universidad de Valencia "Fomento de la creatividad en el alumnado universitario, una experiencia innovadora para la titulación de ingeniería química de la Universitat de València" de Yolanda Lifante (Lifante, Y., 2011). En ella, se trabaja el aprendizaje basado en proyectos con alumnos de Ingeniería Química y con los que se realiza una medición de la creatividad con varios test diferentes (Crea, TAEC, Torrance...) obteniendo resultados similares por cada uno de ellos (en los resultados del TAEC de este estudio, se obtuvo una puntuación de 112,7, mostrando una mejora de 27,3 puntos). Para garantizar que la manera de aplicar el test en esta tesis es la correcta, se realizó una prueba de campo en la Universidad de Valencia con alumnos de Ingeniería Química. En ella se realizó una primera medición de la creatividad con el test TAEC para comprobar que los resultados eran coherentes con los obtenidos en la investigación previa de Yolanda Lifante. De esta manera se puede garantizar que los resultados aportados en este trabajo de investigación son coherentes con experiencias previas a este estudio.

De entre los test que existen para medir la creatividad se usó, a lo largo de esta investigación, el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC) de Saturnino de la Torre (de la Torre, S., 1991), debido a que es adecuado para la asignatura de Dibujo Técnico. Esto es así, porque este test se realiza mediante dibujos, mientras que otros se realizan respondiendo preguntas en formato texto. Otro motivo por el cual se escogió el test TAEC, es que el sistema de corrección, que incluye una plantilla, permite obtener resultados que no dependen del corrector (otros test están más sujetos a interpretación) y además aporta resultados numéricos que permiten evaluar la evolución de la creatividad. Sin embargo, como se comenta en la publicación **Nº 08: *Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity***, es un test que necesita mucho tiempo para ser corregido correctamente, se tarda de



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



media unos 30 minutos para cada test. Esto quiere decir, que para este trabajo de investigación, en el cual se han corregido más de 700 test, el tiempo empleado en corrección ha sido muy importante. Este es uno de los principales motivos por los que este test no es más utilizado para investigaciones de creatividad. Sin embargo, por el carácter de esta tesis centrado en Dibujo técnico, consideramos que ha merecido la pena el esfuerzo realizado.

Con respecto al estudio previo de autopercepción de los alumnos sobre la competencia creativa que se realizó durante dos cursos seguidos, es de comentar que por motivos de programación de la asignatura, no siempre, ni en todas las carreras se han realizado las mismas actividades, como se puede comprobar en la tabla 20. También es importante comentar, que las actividades mejor valoradas por los alumnos (Realización de vistas normalizadas con Minecraft, Ingeniería Inversa y el Taller de fabricación digital de bajo coste), no son las que en un principio se pensaron como las más adecuadas para mejorar la competencia creativa de los alumnos (teniendo en cuenta la definición de creatividad como diferentes soluciones a un mismo problema dado). La propuesta de actividades de esta tesis, ha querido tener en cuenta la percepción del alumnado sobre la creatividad.

Una parte importante de esta tesis, consiste en la realización de 13 casos prácticos. Llevar a cabo estos talleres ha sido una tarea compleja ya que requieren la coordinación de muchos actores (profesores, tecnologías, alumnos, aulas, licencias, instituciones, ...). A lo largo de la realización de los casos prácticos descritos en esta tesis han participado casi 400 alumnos de enseñanzas universitarias y casi 100 de enseñanza secundaria. Adicionalmente, en la fase I de la tesis, para testear las tecnologías y en el marco del proyecto MoveFab (FGULL, 2016) se han realizado múltiples actividades y talleres con alumnos de secundaria (Semana de la Ciencia, Feria de Vocaciones Científicas, Escuelas de Verano, Campus de la Ciencia y la Tecnología en Canarias, ...). El proyecto MoveFab, tenía como objetivo el fomento de la creatividad y el talento a través de la fabricación digital. El caso práctico *Nº 01: Diseño de talleres de implementación de tecnologías 3D en el aula*, se refiere al conjunto de las actividades y talleres que se realizaron en el marco del proyecto MoveFab. Parte de las propuestas que se realizaron durante este proyecto, se encuentran recogidas en la publicación **Nº 10: Prototipado digital, fabricación e impresión 3D**.

Con respecto a los resultados de creatividad obtenidos a lo largo de esta investigación podemos comparar las mediciones realizadas en la Fase I. Dichos resultados detallados, se encuentran en la publicación **Nº 09: Competencia creativa en estudios de grado en Ingeniería**. En ellos se observa, que los estudiantes de primer curso del Grado de Bellas Artes obtienen mejores resultados que los alumnos de las diferentes Ingenierías (159,5 frente a 109,09 sobre 324 que es la puntuación máxima de este test). Este resultado parece lógico, ya que tradicionalmente, los alumnos de Bellas Artes tienen una mayor predisposición a las tareas creativas. Los resultados obtenidos en los distintos talleres de mejora de la creatividad de la Fase III, nos permite comparar los resultados entre ellos y con los obtenidos durante la Fase I.

Si comparamos los resultados de creatividad obtenidos en los casos prácticos Nº 10: *Stella 3D Tangible Puzzle* y Nº 12: *Maquetas con secciones apiladas II*, se observan resultados similares (Pre Test alrededor de 90 puntos sobre 324 y Post Test alrededor de 125 sobre 324). En los dos casos, se observa que los grupos de control mantienen los valores de Pre y Post Test. Hay que tener en cuenta, que estas dos experiencias se han realizado con alumnos universitarios.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Caso Práctico	Grupo Experimental			Grupo de Control		
	Pre Test	Post Test	Ganancia	Pre Test	Post Test	Ganancia
Nº 10: <i>Stella 3D Tangible Puzzle</i>	93,8	132,0	38,3	92,8	96,2	3,4
Nº 12: <i>Maquetas con secciones apiladas II</i>	84	122	38	85,6	96,2	10,6

Tabla 26: Resultados de creatividad obtenidos en los casos prácticos Nº 10 y Nº 12

Sin embargo, si se observan los resultados obtenidos en cuanto a creatividad en el caso práctico Nº 11 *Minecraft II*, realizado con alumnos del Máster del profesorado, se comprueba que los participantes parten con una puntuación en el Pre Test bastante mayor que los dos anteriores (123 sobre 324), además la ganancia obtenida también aumenta con respecto a los talleres de los casos prácticos realizados con alumnos de primer año de Grado Universitario. En este caso, no se contrastó con un grupo de control.

Finalmente, en la experiencia realizada con alumnos del Instituto del Sobradillo (1º y 2º Bachillerato), descrito en el caso práctico Nº 13 *Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox*, los valores de Pre test son más bajos que en los casos anteriores (alrededor de 80 sobre 324) y la mejora obtenida no es significativa. Existen autores (Qian,C., Chen, V., & Woodbury, R., 2007; Schnabel , M., 2007) que indican que el diseño generativo puede ser una herramienta para mejorar la creatividad, sin embargo, en la experiencia llevada a cabo en este trabajo de Tesis, no parece que se obtengan resultados significativos. Es de reseñar, que en este caso, tampoco se pudo utilizar un grupo de control con el que contrastar los resultados. Esto puede ser debido a que la muestra es pequeña (22 alumnos) o que el diseño de las actividades se planteó de manera muy general. Quizá en otros estudios más amplios y con otra definición de actividades se puedan obtener resultados diferentes.

Es importante señalar, que a lo largo de la tesis se han propuesto 21 actividades detalladas en la publicación Nº 12: *Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo*, sin embargo y debido al tiempo disponible, se ha medido la creatividad en cuatro actividades. Además de estas cuatro actividades, una de ellas, diseño generativo, no estaba incluida en el libro de actividades.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## CONCLUSIONES FINALES

En este apartado y para detallar las conclusiones de una manera más clara, se va a seguir la estructura indicada en el apartado de Metodología, basada en fases y en estrategias de enseñanza y aprendizaje utilizadas para conseguir los objetivos de mejora de competencia artística y creativa. Una vez finalizado este trabajo de investigación y después de analizar los resultados, se han obtenido las siguientes conclusiones:

Con respecto al uso de tecnologías y como ya se comentó anteriormente, las usadas durante este trabajo de tesis, han ido cambiando o desapareciendo durante los años que ha durado esta investigación. Por este motivo, se deberían plantear actividades o talleres en los que exista cierta libertad a la hora de poder realizarla con una u otra aplicación o tecnología. Es decir, plantear actividades que se puedan realizar con aplicaciones similares sin tener que nombrar una específica.

Respecto a la medición de la creatividad realizada al comienzo de este trabajo de tesis, se observa que los resultados obtenidos por los 90 alumnos de primero de diferentes grados de Ingeniería de la Universidad de La Laguna, son comparables, oscilando entre los 109,0 de Ingeniería Electrónica y los 125,1 de Ingeniería Informática. Los valores medios obtenidos (115,16 sobre 324), permiten pensar que la competencia creativa en grados de Ingeniería, tiene margen para ser mejorada de manera significativa en estos alumnos a lo largo de los estudios de grado.

Por otro lado, los alumnos de primero del grado de Bellas Artes obtienen mejores resultados (159,5 frente a 115,16) que los alumnos de primero de grado de Ingeniería. Comparando ambos resultados mediante una T-Student, se obtiene un p-valor de 0,00089. Por lo tanto, se puede concluir, con un nivel de significación superior al 99%, que la media de los valores de creatividad en estudiantes de primero de Bellas Artes es mayor que la media de creatividad en estudiantes de primero de Ingeniería. Por lo tanto, antes de llegar a la Universidad, se puede conseguir aumentar los niveles de creatividad en los alumnos que van a estudiar Ingeniería. Eso quiere decir, que muchas de las actividades creativas propuestas en esta tesis, podrían aplicarse en dibujo técnico desde educación secundaria y bachiller.

Con respecto a los cuestionarios de autopercepción respondidos por 149 alumnos sobre la mejora de la creatividad en función de las actividades, planteadas al comienzo de este trabajo de tesis, los alumnos consideran que actividades como el *Taller de fabricación digital de bajo coste*, *Ingeniería Inversa* o *el de Realización de vistas normalizadas con Minecraft*, ayudan a desarrollar la creatividad, valorando dichas actividades con una puntuación superior a 4 sobre 5. En el otro extremo, la *Práctica de normalización*, es la menos valorada en este sentido, con una puntuación inferior a 3 sobre 5. Por lo tanto, las actividades, que son meramente procedurales (como aplicar una normativa) deberían implementarse en contexto de actividades más creativas, como por ejemplo, la introducción de técnicas de fabricación digital, en la asignatura de dibujo técnico.

También podemos obtener, de los resultados de los cuestionarios anteriores, las siguientes conclusiones: el 68% de los alumnos encuestados se consideran personas creativas. El 82% consideran que la creatividad se puede desarrollar mediante ejercicios y además, el 88% considera que, como futuros ingenieros, es importante para su profesión desarrollar la capacidad creativa. Por lo tanto, hay una predisposición del alumnado, hacia el aprendizaje del dibujo técnico mediante actividades que desarrollen su creatividad.

Una vez recabados los datos iniciales de creatividad y autopercepción de la creatividad de los alumnos, el trabajo de



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

investigación ha seguido cuatro estrategias distintas para el aprendizaje del dibujo técnico:

1. Introducción de la competencia artística.
2. Técnicas de fabricación digital.
3. Uso de videojuegos de construcción por bloques.
4. Diseño generativo.

A continuación, se detallan las conclusiones obtenidas para cada una de estas estrategias.

Respecto a la introducción de la competencia artística en la asignatura de dibujo técnico, las conclusiones se obtienen a partir del taller denominado *Stella 3D*. Este taller, tiene su origen en un ejercicio de Bellas Artes, e incluye como parte del enunciado cuadros del artista Frank Stella. Para adaptar dicho ejercicio a grados de Ingeniería, se ha añadido la posibilidad de trabajar con una herramienta de modelado 3D. Esas herramientas, han sido SketchUp, Formit o piezas impresas en 3D, dependiendo del taller. Este taller, *Stella 3D* en sus diferentes versiones, ha sido evaluado con un total de 186 participantes.

En el taller de *Stella 3D*, con SketchUp, realizado por 104 alumnos, se puede concluir que: Con respecto a la mejora del aprendizaje de vistas normalizadas, los estudiantes pasan del 16% de ejercicios correctos, al 71% en el apartado de vistas ortogonales y del 7% de ejercicios correctos al 54,6 % en el apartado de dibujo en perspectiva. Es decir, se fomenta la competencia artística mediante el uso de enunciados basado en obras pictóricas a la misma vez que mejoran sus resultados de aprendizaje en dibujo técnico.

Además, con respecto a la mejora de la capacidad espacial, el taller creativo *Stella 3D* permite a los estudiantes mejorar esta competencia. En el Test de Rotación Mental (MRT), se obtiene una ganancia de 7,84 puntos, estadísticamente significativa ( $p = 2,97 \text{ E-}12 < 0,001$ ) y en el Test de Aptitudes Diferenciales (DAT), se obtiene una mejora de 7,18 puntos, estadísticamente significativos ( $p = 4,87 \text{ E-}12 < 0,001$ ). Estos incrementos, están en la misma línea que en otras experiencias de mejora de habilidades espaciales que no incluyen la competencia artística.

Por un lado, los 104 participantes en el Taller 3D *Stella* con SketchUp, perciben dicho taller, como una herramienta útil para desarrollar la creatividad (3,9 sobre 5); por otro lado, los estudiantes observan que estas actividades pueden ayudarlos a mejorar las competencias específicas para un ingeniero como por ejemplo, la habilidad espacial (3,77 sobre 5). Por lo tanto, los alumnos no sólo aprenden contenidos y competencias, sino que perciben este taller, como una herramienta para poder desarrollar su creatividad.

En el taller *Stella 3D con Formit*, realizado con tabletas digitales por 51 alumnos de Ingeniería Electrónica de la Universidad de La Laguna, se puede concluir que: La utilización de dispositivos móviles (tabletas digitales), es una opción válida para introducir modelado 3D en asignatura de dibujo técnico. Además, los participantes consideran que la posibilidad de trabajar con recursos gráficos que les permitan movilidad, es importante para un ingeniero (4,4 sobre 5). Sobre la aplicación Formit, se concluye que permite un aprendizaje fácil para modelar objetos en 3D (3,5 sobre 5), así como que es una herramienta adecuada para explorar diferentes soluciones en 3D en problemas de ingeniería (3,3 sobre 5).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

En el taller *Stella 3D Tangible Puzzle*, realizado por 31 alumnos de Ingeniería Agrícola de la Universidad de La Laguna, se midieron los valores de creatividad antes y después de realizar el taller. Los datos obtenidos del grupo experimental muestran que los estudiantes han aumentado sus valores de creatividad pasando de una puntuación de 93,8 a 132,0. Este aumento de 38,2 puntos es estadísticamente significativo (p-valor de 0,00077). En el grupo de control, los valores de creatividad pasaron de 93,8 a 96,2 con un ganancia de 2,4. Este aumento no es estadísticamente significativo (p-valor de 0,7785). Por lo tanto, los resultados obtenidos, nos permiten concluir que dicho taller mejora los resultados de creatividad de los participantes.

Otra conclusión que se puede obtener de este taller *Stella 3D Tangible Puzzle*, es que el uso de elementos tangibles es una estrategia útil para el desarrollo de competencias. Por esta razón, en entornos educativos a nivel universitario, se podría fomentar el uso de objetos tangibles como un recurso de enseñanza complementario. Una forma de propiciar el uso de estos objetos tangibles es usar impresoras 3D, que además, resuelven algunos problemas como el precio, las roturas, la pérdida, la dificultad de movimiento, el almacenamiento, el acceso, etc. Adicionalmente, todo el material necesario para realizar este taller (modelos de piezas en 3D, instrucciones, plantillas, etc.) se puede encontrar en (<https://goo.gl/PKt4c9>), por lo tanto, puede ser replicable de manera gratuita por cualquier persona interesada en el mismo.

Respecto a la introducción de técnicas de fabricación digital en la asignatura de dibujo técnico, se han realizado tres casos prácticos con 117 alumnos de Ingeniería, con el objetivo utilizar y fabricar maquetas como método de aprendizaje y desarrollo de la creatividad. Estos casos prácticos se han relacionados con los contenidos de interpretación de terrenos y planos acotados.

El primer caso práctico (*Tecnologías de bajo coste para la interpretación del relieve cartográfico*), se realizó para comprobar que las herramientas 3D (Realidad Aumentada, visores 3D, modelos digitales del terreno impreso en 3D así como los modelos digitales de terreno hechos por capas apiladas) desarrollan la capacidad de interpretar el relieve. Una vez realizado el taller, se comprueba que los alumnos aumentaron su capacidad de interpretación de terrenos en 6.19 puntos. Comparando estos resultados con los obtenidos usando representaciones 2D tradicionales, donde los alumnos obtuvieron una mejora inferior (2,22 puntos), se concluye que las herramientas 3D utilizadas, son un buen complemento de las técnicas tradicionales de representación cartográfica para el desarrollo de la capacidad de interpretación de terrenos en estudiantes.

Además, los alumnos prefieren el uso de tecnologías 3D tangibles (modelos realizados con impresoras 3D o por secciones apiladas con la aplicación 123D Make) frente a las herramientas digitales (Realidad Aumentada y visores 3D) para comprender los conceptos básicos de la topografía y la cartografía, así como para la interpretación de las formas de relieve.

La reducción de precios en los procesos de fabricación digital, junto con el uso de aplicaciones gratuitas para el modelado 3D, hace posible el diseño e implementación de nuevas estrategias de enseñanza en los diferentes grados de carácter técnico. Teniendo en cuenta este aspecto y como se observa en el caso práctico Maquetas con secciones apiladas I, el proceso de fabricación por parte de los alumnos de maquetas de terreno, ayuda a un mejor entendimiento de las formas del mismo (4,2 sobre 5). Además, herramientas gratuitas como 123D Make, están bien consideradas por los alumnos para la realización de maquetas (puntuaciones superiores a 4 sobre 5).

Los conceptos básicos asociados con la interpretación tridimensional del terreno, tales como las curvas de nivel, la



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

línea de máxima pendiente y las secciones longitudinales y / o transversales se adquieren mejor usando modelos 3D que con la representación tradicional de terrenos en mapas y planos.

El tercer caso práctico, *Maquetas con secciones apiladas II*, tiene como objetivo, medir la mejora de la creatividad de los participantes al realizar una maqueta de terreno. Los datos obtenidos del grupo experimental muestran que los estudiantes han aumentado sus valores de creatividad pasando de una puntuación de 84,0 a 122,0. Este aumento de 36,0 puntos es estadísticamente significativo ( $p$ -valor  $< 0,01$ ). En el grupo de control, los valores de creatividad pasaron de 85,6 a 96,2 con un ganancia de 10,6. Este aumento no es estadísticamente significativo ( $p$ -valor de 0,476). Por lo tanto, los resultados obtenidos, nos permiten concluir que dicho taller mejora los resultados de creatividad de los participantes.

Respecto a la introducción de videojuegos (por ejemplo, Minecraft), en la asignatura de dibujo técnico, se han realizado tres casos prácticos con 119 alumnos, con el objetivo de aprender vistas normalizadas y desarrollar la creatividad.

El caso práctico *Vistas normalizadas con Blokify*, realizado con 70 estudiantes de Secundaria, tiene como objetivo implementar y evaluar el aprendizaje de vistas normalizadas mediante la utilización del videojuego Blokify en tabletas digitales. Los alumnos prefieren realizar ejercicios de perspectivas y vistas mediante modelados 3D en tableta digital antes que hacerlos sobre el soporte de papel tradicional (4,57 sobre 5). Por otro lado, el 87,4 % de los participantes, cree que la utilización de tabletas digitales en el aula aumenta su motivación. A un 95,8% de los alumnos les gustaría tener actividades de este estilo dentro de alguna asignatura. Además, el uso de impresoras 3D en el aula, incrementa la motivación de los alumnos debido a la posibilidad de ver su proyecto terminado (4,39 sobre 5). La mayoría de los alumnos, especialmente los de menor edad, estaban habituados a manejar tabletas digitales y no tuvieron ninguna dificultad en trabajar con Blokify, a pesar de ser la primera vez que la usaban. Por lo tanto, Blokify, permite introducir el modelado 3D en cualquier aula tradicional. Por otro lado, es un videojuego apto para la iniciación al modelado tridimensional desde la enseñanza primaria, dado que permite a los niños entender la relación entre la representación bidimensional y el mundo tridimensional. Además, no requiere de aprendizaje ni conocimientos previos de programas de modelado.

El caso práctico *Taller de Minecraft I*, realizado con 34 alumnos de Ingeniería, tiene como objetivo implementar y evaluar el aprendizaje de vistas normalizadas mediante la utilización de este videojuego. A partir de este taller, se puede concluir que los alumnos piensan que este videojuego es una buena herramienta para realizar ejercicios de vistas normalizadas y para modelar en 3D (3,8 y 3,9 sobre 5 respectivamente). Respecto a la posibilidad de imprimir en 3D los modelos creados en Minecraft, todos los alumnos pudieron generar el fichero STL de la pieza diseñada y por lo tanto se pudieron imprimir en 3D todas ellas. Los alumnos manifiestan su preferencia por el formato de ejercicios en Minecraft frente a los formatos tradicionales e incluso frente a los ejercicios de vistas normalizadas en SketchUp (3,8 y 3,2 sobre 5 respectivamente).

Visto que en la encuesta de satisfacción los alumnos consideran que el trabajo realizado en este taller permite desarrollar la creatividad (4,1 sobre 5), se realiza un tercer caso práctico (con el videojuego Minecraft) para comprobar si realmente, este taller mejora la creatividad entre los participantes.

Este caso práctico denominado, *Taller de Minecraft II*, fue realizado por 15 alumnos del Máster de Formación del Profesora de la Universidad de La Laguna y tiene como objetivo la mejora la creatividad entre los estudiantes. Después de la realización del mismo, se concluye que los participantes han aumentado sus valores de creatividad desde un



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

valor inicial de 123 a una puntuación final de 181,5. Este aumento de 58.5 puntos se considera estadísticamente significativo (p-valor de 0.000061098).

De la encuesta realizada por los participantes del *Taller Minecraft II*, se concluye que Minecraft es una buena herramienta para realizar ejercicios de vistas normalizadas (3,74 de 5), así como que es interesante su uso para el modelado 3D en el aula (3,79 de 5). A su vez, manifestaron su preferencia por llevar a cabo este tipo de actividad con Minecraft, en comparación con los formatos de papel tradicionales (3,74 de 5).

Por lo tanto, después de llevar a cabo este taller, se concluye que a pesar de que el 94% de los estudiantes que realizaron esta actividad nunca utilizaron Minecraft, todos fueron capaces de terminarlo sin ningún problema y además, mejora la creatividad entre sus participantes. Por lo tanto, es posible reemplazar una herramienta CAD 3D (SketchUp o Formit) por un videojuego de construcción con bloques, como Minecraft. Con el uso de este tipo de videojuego, la dificultad de aprender a usar un software CAD 3D se reduce de tal manera que es posible acercar el modelado 3D a estudiantes incluso de primaria.

Como última estrategia utilizada en este trabajo de investigación, se realiza el caso práctico *Introducción al diseño generativo mediante la experimentación gráfica con Nodebox*, realizado por 23 alumnos de Bachiller. Este caso práctico tiene como objetivo comprobar si los participantes mejoran la creatividad mediante la utilización de programas de diseño generativo. Se obtuvo una puntuación inicial en el test de creatividad de 81,2 y una final de 86,0. Este aumento no es estadísticamente significativo (p-valor de 0,47). Por lo tanto, los resultados obtenidos, no nos permiten concluir que dicho taller mejora los resultados de creatividad de los participantes.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## FUTUROS TRABAJOS

---

Una vez analizadas las conclusiones, se propone como futuros trabajos de esta tesis, las siguientes actuaciones:

Vista la opinión de los alumnos, sobre actividades para la mejora de la creatividad, sería interesante medir la mejora de la creatividad, utilizar herramientas de ingeniería inversa en la asignatura de dibujo técnico.

En este trabajo de investigación se han propuesto 21 actividades creativas con tecnologías 3D. Sería interesante realizar mediciones de mejora de la creatividad en aquellas propuestas de actividades que no han sido medidas a lo largo de esta tesis.

Realizar un estudio en profundidad, tanto en el diseño de la actividad, como en el número de participantes, del diseño generativo, como elemento de mejora de la creatividad.

Realizar una nueva propuesta de actividades creativas utilizando tecnologías de bajo coste para el aprendizaje del Dibujo Técnico en las que no sea necesario la utilización de una aplicación específica, sino que por el contrario, se pueda realizar con cualquier aplicación que presente las características necesarias para la realización de la actividad.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## REFERENCIAS

---

- Alejandro Andrade Lotero, L., Rocío Aldana Ahumada, D., Espitia Gómez, C., Antonio Huertas Franco, E., & Andrea Bacca Pachón, P. (2012). Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con o sin Manipulación Física. *Psicología educativa*, 18(1).
- Alles, M., & Riggs, E. M. (2011). Developing a process model for visual penetrative ability. *Geological Society of America Special Papers*, 474, 63-80.
- Álvarez Prozorovich, F. V. (2011). Rastrear proyectos, contar historias. *Diagonal*, (June 2011), 10-13.
- Alvarez, F. J., Parra, E. B., & Tubio, F. M. (2015). Assessment of 3D Models Used in Contours Studies. *Universal Journal of Educational Research*, 3(11), 877-890.
- Ball, G. (1978). Telegames Teach More Than You Think. *Audiovisual Instruction*, 24-26.
- Bilinkis, S. (2014). Pasaje al futuro. *Sudamericana*.
- Boy, G. A. (2013, August). From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. In *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics* (p. 3). ACM.
- Baillie C. (2002). Enhancing creativity in engineering students, *Eng. Sci. Educ. J.*, 11 pp. 185±192.
- Cánovas, G., García de Pablo, A., Oliaga San Atilano, A., & Aboy Ferrer, I. (2014). "Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablets y Smartphones". *España: Protegeles*.
- Carter, G., Patrick, M., Wiebe, E. N., Park, J.C., Butler, S. M. (2005). In *Proceedings of NARST*, Dallas, TX, Middle grade students' interpretation of topographic maps.
- Chueca, M., Salcedo, F., Ferrer, J., Galán, L., & Olivé, J. (2004). White paper title engineer degree in geomatics and surveying. National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA) Spain, 118-148.
- de la Torre-Cantero, J. (2013). Aplicación de tecnologías gráficas avanzadas como elemento de apoyo en los procesos de enseñanza/aprendizaje del dibujo, diseño y artes plásticas (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- de la Torre, S. (1991). Evaluación de la creatividad. Test de abreacción para evaluar la creatividad. TAEC.
- de la Torre, S., & Marín, R. (1991). Manual de la creatividad. Barcelona: Aplicaciones.
- de la Torre-Cantero, J. L., Saorín, J. L., Carrera, C. C., del Castillo Cossío, M. D., & González, M. R. (2012). Modelado 3D como herramienta educativa para el desarrollo de competencias de los nuevos grados de Bellas Artes. In *Arte, Individuo y Sociedad* (Vol. 24, No. 2, pp. 179-193). Universidad Complutense de Madrid.
- FGULL. (17 de 11 de 2016). MoveFab. Obtenido de MoveFab: <http://fg.ull.es/movefab/>



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Hechinger, M., & Knoll, W. (1995). Maquetas de Arquitectura - Técnicas y Construcción. Editorial.

Heinrich, P. (2012). The iPad as a tool for education. Kent: Naace. Impresoras3D.com. Recuperado el 18 de 05 de 2014, de <http://www.impresoras3d.com/>

Institute of international education. (2014). Annual Report. U.S.A.: Institute of International Education.

Jabi, W., Soe, S., Theobald, P., Aish, R., & Lannon, S. (2017). Enhancing parametric design through non-manifold topology. Design Studies, 52, 96-114.

Kolarevic, B. (2003). Digital morphogenesis. Architecture in the Digital Age—Design and Manufacturing. London, New York: Spon Press, 26.

Lawson, B. (1997). How Designers Think: The Design Process Demystified, Architectural Press. Burlington, (1st edition 1980).

Lifante Gil, Y. L. (2011). Fomento de la creatividad en el alumnado universitario: una experiencia innovadora para la titulación de ingeniería química de la Universitat de València. Universitat de Valencia (Spain).

Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J. (2004). Teaching Creativity in Engineering. International Journal of Engineering Education, 20 (5), pp. 801-808.

Lowery, B., & Knirk, F. (1982-83). Micro-computer video games and spatial visualization acquisition. J. Educational Technology Systems, 155-166.

Shaw, M. C. (2001). Engineering Problem Solving: A Classical Perspective, Noyes Publications, Norwich, NY.

National Academy of Engineering, U. S. (2004). The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century. Washington, DC: National Academies Press.

OECD. (2014). TALIS 2013 Results: An international perspective on Teaching and learning. OECD publishing.

Qian, C. Z., Chen, V. Y., & Woodbury, R. F. (2007, October). Participant observation can discover design patterns in parametric modeling. In Proceedings of 27th International Conference on the Association for Computer Aided Design in Architecture, Halifax, UK (Vol. 17).

Saorín, J. L., Martín Gutiérrez, J., Martín Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do videogames improve spatial abilities of engineering students. International Journal of Engineering Education (págs. 1194-1204). Eindhoven: Tempus publications.

Saorín, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. DYNA Ingeniería e Industria , 84 (9), pp. 721-732.

Sardà, S., & Márquez, C. (2008). El uso de maquetas en el proceso de enseñanza aprendizaje del sistema nervioso. Alambique: didáctica de las ciencias experimentales, 14(58), 67-76.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Schnabel, M. A. (2007). Parametric designing in architecture. In Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures) 2007 (pp. 237-250). Springer, Dordrecht.

Stieff, M. (2011). Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. Journal of research in science teaching, 48(10), 1137-1158.

Tuning Project, Competences (2014). From Tuning. Educational Structures in Europe. From <http://www.unideusto.org/tuningeu/home.html>, February 2004.

UNESCO. (2015). La Educación para Todos, 2000 - 2015, Logros y Desafíos. París:

Urríos, R. N. & Saorín P., J.L., (2016). Uso de videojuegos para la creación e inserción de objetos 3D en entornos tridimensionales. Trabajo de Final de Máster. Universidad de La Laguna.

Viki, Carlos, Ortega, L., Villar, M., Fernandez, M., Torras, M... Casas, C. (s.f.). Yu, R., Gu, N., & Ostwald, M. (2018). Evaluating creativity in parametric design environments and geometric modelling environments. Architectural Science Review, 1-11.

World Economic Forum. TheFuture of Jobs Report 2018. ISBN 978-1-944835-18-7. 2018.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

---

ANEXOS

ANEXO I

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INDEXADAS

ANEXO II

ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS

ANEXO III

OTRAS PUBLICACIONES



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ANEXO I

### ARTÍCULOS PUBLICADOS EN RESVISTAS INDEXADAS

FASE II	<b>PUBLICACIÓN Nº 01</b>
	<i>Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva</i> Digital Education Review <b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2015):</b> SCOPUS, SJR: 0,248 Junio 2105
	<b>PUBLICACIÓN Nº 02</b>
	<i>Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching</i> Dyna New Technologies <b>BASE DE DATOS:</b> LATINDEX 2107
FASE III	<b>PUBLICACIÓN Nº 03</b>
	<i>Entornos gráficos 3D avanzados para la representación del relieve cartográfico</i> Dyna <b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2016):</b> WOS (Web Of Science), SCI (Science Citation Index), JCR: 0,541 2107
	<b>PUBLICACIÓN Nº 04</b>
	<i>STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education</i> International Journal of Engineering Education. IJEE <b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2015):</b> WOS (Web of science), SCI (Science Citation Index), JCR: 0,559 2015
FASE III	<b>PUBLICACIÓN Nº 05</b>
	<i>Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject</i> Interaction Design and Architecture(s) Journal. IxD&A <b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2017):</b> SCOPUS, SJR: 0,199 2017
	<b>PUBLICACIÓN Nº 06</b>
FASE III	<i>3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education</i> EURASIA. Journal of Mathematics, Science and Technology Education <b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2017):</b> SCOPUS, SJR: 0,424 Noviembre 2017
	<b>PUBLICACIÓN Nº 07</b>
	<i>Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa</i> ABE. Advances in Building Education <b>BASE DE DATOS:</b> MIAR, DOAJ, LATINDEX ( En evaluación, revista creada en el año 2017) Enero 2017



Anexo I 1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 01

---

*Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva*

### Digital Education Review

Número 27 (Educational Gamification) pp.105-121

BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2015):  
**SCOPUS, SJR: 0,248**

*Junio 2105*

.....

José Luis Saorín Pérez

Jorge de la Torre Cantero

Dámari Melián Díaz

Cecile Meier

David Rivero Trujillo



Anexo I 2

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

9/10/2018

Digital Education Review

also developed by scimago:  SCIMAGO INSTITUTIONS RANKINGS



Scimago Journal & Country Rank Enter Journal Title, ISSN or Publisher Name

Home Journal Rankings Country Rankings Viz Tools Help About Us

## Digital Education Review

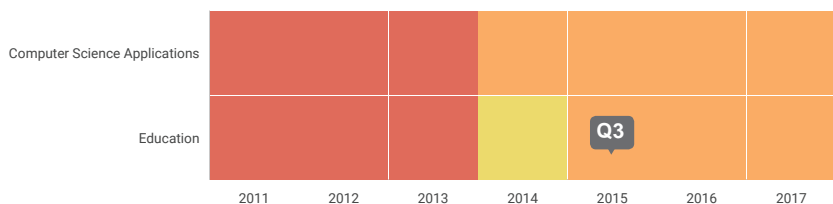
<b>Country</b>	Spain -  SIR Ranking of Spain
<b>Subject Area and Category</b>	Computer Science Computer Science Applications
	Social Sciences Education
<b>Publisher</b>	Universitat de Barcelona
<b>Publication type</b>	Journals
<b>ISSN</b>	20139144
<b>Coverage</b>	2010-ongoing

8


H Index

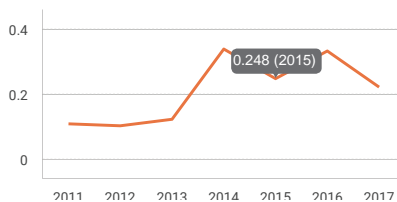
 [Join the conversation about this journal](#)

Quartiles 



SJR 

Citations per document 



Total Cites Self-Cites 

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100238613&tip=sid&clean=0>

1.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Jose Luis Saorin  
jlsaorin@ull.edu.es

Jorge de la Torre Cantero  
jcantero@ull.edu.es

Damari Melian  
damari\_melian@hotmail.com

Cecile Meier  
cecile.meier.96@ull.edu.es

David Rivero Trujillo  
davidriverotrujillo@gmail.com

Universidad de la Laguna, Spain

### Resumen

En este artículo se analiza el uso del juego Blokify para introducir al alumnado en las competencias que relacionan las figuras tridimensionales con su representación bidimensional mediante las vistas normalizadas y la perspectiva. Estos contenidos se estudian en asignaturas de dibujo a partir de secundaria y Bachillerato.

Blokify es un juego gratuito para tabletas digitales que permite modelar figuras tridimensionales de forma similar al popular video juego Minecraft: Bloque a bloque. Las figuras modeladas con Blokify se pueden imprimir en 3D de manera casi directa. Existen informes internacionales que valoran la potencialidad de los videojuegos como recurso educativo y las Tablet Digital y la Impresión 3D como tecnologías con repercusión en la enseñanza.

En este artículo se detalla la experiencia realizada en el curso 2013-2014 con grupos de Educación Primaria (3º y 5º) y un grupo de 4º ESO. La actividad se llevó a cabo en el centro concertado Colegio Nuryana de San Cristóbal de La Laguna y participaron un total de 70 alumnos. La experiencia llevada a cabo con alumnos de primaria permite ver que con estas nuevas estrategias de aprendizaje, contenidos del currículum de secundaria, podría empezar a estudiarse en cursos de primaria.

### Palabras clave

Aplicaciones, tabletas digitales, Impresión 3D, modelado 3D, educación, juegos, Vistas normalizadas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

## Blokify: Game for 3D modeling and printing for digital tablet to learn standard views and perspective

Jose Luis Saorin  
jlsaorin@ull.edu.es

Jorge de la Torre Cantero  
jcantero@ull.edu.es

Damari Melian  
damari\_melian@hotmail.com

Cecile Meier  
cecile.meier.96@ull.edu.es

David Rivero Trujillo  
davidriverotrujillo@gmail.com

Universidad de la Laguna, Spain

### Abstract

In this article we analyze the use of the game Blokify to introduce students to the competencies that relates three-dimensional figures with their bidimensional representation by the standard views and perspective. These contents are studied in technical drawing from secondary and high schools.

Blokify is a free game for digital tablets that allows modeling tridimensional figures similar to the popular video game Minecraft "block to block". Figures modeled with Blokify can be printed in 3D almost directly. There are international reports who value the potential of videogames as an educational resource and Digital Tablets and 3D printing impact technologies in teaching.

In this article we describe the experience made in the course of 2013-2014 with groups of primary school (3rd and 5th) and a group of 4th ESO. The event took place at the concerted center Nuryana of San Cristóbal of La Laguna and involved a total of 70 students. The experiment conducted with elementary students demonstrates that with these new learning strategies, content of secondary curriculum could begin studied in primary grades.

### Keywords

Applications, digital tablets, 3D Printing, 3D modeling, education, games, standardized Views.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Biokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

## I. Introducci3n

Existen diferentes informes internacionales sobre la educaci3n en el siglo XXI (UNESCO, 2015; Institute of international education, 2014; OECD, 2014). Entre dichos informes existe uno espec3fico sobre tecnolog3as en educaci3n que se ha convertido en un referente: el Informe Horizon. Dicho informe est3 elaborado desde 2004 por la New Media Consortium (http://www.nmc.org/) e identifica seis nuevos tipos de tecnolog3as que podr3n ser de uso generalizado en la educaci3n, analizando el impacto que se prev3 en la ense3anza, el aprendizaje, la investigaci3n y la expresi3n creativa. Desde el a3o 2009, se realizan dos informes, uno para ense3anza preuniversitaria (K-12) y otro para ense3anza universitaria. En 2014, se incorpora la realizaci3n de un tercer informe espec3fico para la ense3anza preuniversitaria en Europa.

Desde 2010, se incluye en los distintos Informes Horizon, una corriente de aprendizaje basado en juegos. Dicha corriente de aprendizaje, en los 3ltimos a3os se ha denominado con diferentes t3rminos como por ejemplo ludificaci3n, game based learning (GBL), gamificaci3n, etc. (Lee, Hammer, 2011; Deterding, Dixon, Khaled, Nacke, 2011; Kapp 2012). En los informes Horizon en los 3ltimos dos a3os ha terminado por designarse como Gamificaci3n. Esta tendencia educativa trata de potenciar la motivaci3n, la concentraci3n, el esfuerzo y otros valores comunes a todos los juegos para influir y motivar a los alumnos. Estas estrategias basadas en juegos responden a una realidad en la que los ni3os con 2 y 3 a3os de edad comienzan a utilizar los dispositivos m3viles como tabletas y smartphones de sus padres para entretenerse con los juegos. El 52,5% de los menores de 11 a 14 a3os de edad juega habitualmente con sus dispositivos m3viles y el 35,5% lo hace en alguna ocasi3n (C3novas, Garc3a de Pablo, Oliaga San Atilano, & Aboy Ferrer, 2014).

Por otra parte, en 2013, el Informe Horizon (Horizon, 2013) indica que las tabletas digitales y las impresoras 3D son tecnolog3as que tendr3n impacto en la educaci3n en los pr3ximos cinco a3os. Adem3s, el Informe Horizon 2014 (Horizon, 2014) incorpora una tendencia significativa denominada 3BYOD3 (Bring Your Own Device), que consiste en permitir o promocionar que los estudiantes utilicen en el aula sus propios dispositivos (smatphones, tabletas digitales o ultrabooks), que junto con la cantidad de aplicaciones educativas gratuitas disponibles, hace que esta sea una alternativa viable para la digitalizaci3n del aula.

Las tabletas digitales y dispositivos m3viles son usados por el 30% de los ni3os espa3oles de 10 a3os de edad. A los 12 a3os, casi el 70% dispone ya de este tipo de tecnolog3a, y a los 14 a3os el 83% (C3novas, Garc3a de Pablo, Oliaga San Atilano, & Aboy Ferrer, 2014). Uno de los estudios m3s extensos sobre tabletas 3The iPad as a tool for education: a case study3 (Heinrich, 2012) demuestra el impacto significativo y muy positivo en la ense3anza y en el aprendizaje de los alumnos. Las tabletas digitales, debido a su portabilidad y su autonom3a, permiten convertir cualquier aula en un espacio digital, eliminando la problem3tica asociada a las aulas de ordenadores.

Las impresoras 3D, son m3quinas que, a partir de ficheros digitales, permiten generar objetos mediante adici3n de material utilizando para ello diferentes tecnolog3as (pl3stico fundido, resina fotosensible, etc.). A esta tecnolog3a se la conoce tambi3n como prototipado r3pido (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013). El abaratamiento de esta tecnolog3a en los 3ltimos a3os permite pensar en su uso para contextos educativos.

J. L. Saor3n, J. de la Torre Cantero, D. Mel3an, C. Meier & D. Rivero Trujillo  
Digital Education Review - Number 27, June 2015- <http://greav.ub.edu/der/>

107

Este documento incorpora firma electr3nica, y es copia aut3ntica de un documento electr3nico archivado por la ULL seg3n la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente direcci3n <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

C3digo de verificaci3n: 7YLarVRg

Firmado por: D3mari Mel33n D3az  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Uno de los contenidos curriculares de educación secundaria se centra en la relación entre las figuras tridimensionales y su representación bidimensional mediante las vistas normalizadas y la perspectiva. Este contenido suele representar una dificultad importante para los alumnos porque necesita un alto grado de abstracción. Debido a esto, se pretende utilizar un juego como Blokify para mejorar su aprendizaje. Por otro lado, y puesto que es un juego muy sencillo e intuitivo, se decide comprobar si los alumnos de educación primaria serían capaces de realizar los mismos ejercicios que estaban pensados para secundaria.

## II. Antecedentes

### a. Videojuegos en educación

El uso de los videojuegos con fines educativos lleva investigándose desde hace tres décadas. En 1978, G. Ball publicó el artículo "Telegames Teach More Than You Think" (Ball, 1978) en el que estableció cuatro áreas para la evaluación de los videojuegos como medios didácticos: el desarrollo instructivo de los videojuegos, el desarrollo de habilidades por parte de los videojuegos, el diseño de los videojuegos y su capacidad de adaptabilidad y flexibilidad. Uno de los estudios sobre el potencial instructivo de los juegos, realizado por B. Lowery y F. Knirk (Lowery & Knirk, 1982-83), más concretamente sobre los videojuegos, destaca la mejora en habilidades espaciales y el beneficio de la simulación tridimensional, aspecto también fundamental de la visualización espacial. En España, en la Universidad de La Laguna, existe una experiencia que utiliza el videojuego Tetris como herramienta educativa para la mejora de la visión espacial (Saorín, Martín Gutiérrez, Martín Dorta, & Contero, 2009).

En 1984 S. Long y W. Long (Long & W.H. Long, 1984) defiende los principios del aprendizaje motivador que subyacen en los videojuegos: el desafío, la fantasía y la curiosidad. Poco después, S. Silvern (Silvern, 1985-86) publicó un artículo titulado "Classroom Use of Video Games" en el que, de igual modo, defendió todo aquello que los videojuegos pueden ofrecer en términos de experiencias educativas útiles.

En 1998 se publica el libro "Jugando con Videojuegos: educación y entretenimiento" (Gros, B, 1998), acerca de la experiencia en la utilización de videojuegos en el aula. La publicación de 2004 "Pantallas, juegos y educación: la alfabetización digital en la escuela" (Gros, B, 2004), es la construcción de bases sólidas para la integración de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en la educación. En 2011, el Instituto de Tecnologías Educativas del Departamento de Proyectos Europeos, publica el proyecto "Imagine: Juegos digitales para el aprendizaje" (Educativas, 2011). Su objetivo es aumentar la experimentación del aprendizaje basado en juegos y la integración de éste en las enseñanzas generales del sistema educativo.

Un videojuego con el mismo funcionamiento que Blockify es Minecraft, que permite construir en 3D con bloques, en un entorno de juego donde los participantes disponen de una gran libertad de elección y exploración. (Górrudix Barrio & Górrudix Barrio, 2013). Es un videojuego con más de 54 millones de unidades vendidas (Castrillón, 2014). Existe una versión específica para educación (www.minecraftedu.com). Minecraft ha sido evaluado como recurso didáctico en distintos campos, como por ejemplo los relativos a edificios históricos, el fomento de la creatividad o el interés por el descubrimiento (Sáez López & Domínguez Garrido, 2014) entre otros.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blockify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

En septiembre de 2012, Mojang comenzó el proyecto solidario Block by Block (www.blockbyblock.org) en cooperación con la ONU para crear y diseñar entornos del mundo real en Minecraft. El proyecto permite a los jóvenes que viven en zonas deprimidas, diseñar con Minecraft los cambios que les gustaría ver y a participar en su planificación urbana, modificando su propio vecindario. Este videojuego tiene posibilidad de imprimir sus diseños y construcciones en una impresora 3D.

b. Modelado 3D en educación

El modelado y la impresión 3D hasta hace aproximadamente ocho años eran tecnologías reservadas para expertos en la materia y requerían un largo y costoso aprendizaje, además se precisaba un equipo técnico avanzado y el precio de los programas era muy elevado y sólo accesible para grandes centros, empresas o universidades (Cano, de la Cruz, & Solano, 2007). Este panorama cambia en 2006, con la distribución de forma gratuita del programa SketchUp por parte de Google. SketchUp es un programa multiplataforma (PC y Mac) con una versión gratuita, que nos ofrece la posibilidad de introducirnos en el Modelado 3D con pocos conocimientos y en muy poco tiempo. Dispone de una interfaz amigable, con un reducido número de órdenes intuitivas que permite un rápido aprendizaje. Debido a estas características, este programa se ha utilizado en entornos educativos en materias relacionadas con el dibujo y para la mejora de la visión espacial (de la Torre Cantero J., Saorín, Carbonell, Del Castillo Cossío, & Contero, 2012).

Otras empresas que desarrollan software de modelado tridimensional están empezando a desarrollar programas con esta nueva manera de entender el modelado 3D, accesible al gran público y no exclusivamente para expertos. Un significativo ejemplo, es la suite 123D desarrollada por Autodesk. Esta suite es un conjunto de cinco aplicaciones gratuitas, multidispositivo, multiplataforma y muy sencillas de aprender a utilizar. Cada una de ellas sirve para un tipo de modelado 3D específico, por un lado más geométrico como 123D Design o más orgánico como 123D Creature. Además, todas las aplicaciones cuentan con la posibilidad de imprimir los diseños en una impresora 3D y todas tienen una versión desarrollada para tabletas digitales.

c. Tablet digitales

Las primeras tabletas digitales surgieron en el año 93, llamadas Apple Message Pad, más conocido como Newton. El modelo nunca llegó a tener éxito, pero sin embargo el desarrollo del software se utilizó por la industria de la electrónica para crear un nuevo aparato electrónico denominado Personal Digital Assistant (PDA). En el año 2001 Microsoft presenta diversos prototipos de Tablet PC, pero el funcionamiento y la experiencia de uso de estos dispositivos no logró convencer a la mayoría de los usuarios. Sin embargo, esta iniciativa de Microsoft popularizó el término Tablet PC y sentó las bases de la corriente actual de tabletas digitales. La empresa Apple lanzó en 2010 la primera tableta digital realmente operativa, el iPad, que aprovechaba la experiencia de la empresa con los dispositivos móviles táctiles que ya tenía en el mercado (el iPhone, el iPod Touch). Desde su aparición, las tabletas digitales, debido a su pantalla táctil, han sido utilizadas como dispositivo para dibujar (Saorín Pérez, de la Torre Cantero, Martín Dorta, Carbonell Carrera, & Contero González, 2011).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

d. Impresoras 3D y educación

Respecto a la tecnología de la impresión 3D, se empezó a utilizar en los años setenta y desde su aparición las universidades han tratado de utilizarlas como complemento a su docencia. Desde hace años, el prototipado rápido es un tema habitual en los cursos y en los libros de expresión gráfica dirigidos a estudiantes universitarios. Pero uno de los grandes factores que limitó el uso de esta tecnología en las aulas era el precio. En el año 2000 una máquina de prototipado rápido tenía un precio que oscilaba entre 10.000 y 100.000 dólares por lo que sólo los grandes centros podían permitirse el lujo de tener una (Viki, y otros, s.f.).

Sin embargo, en el año 2005 se crea el proyecto RepRap con el objetivo de abaratar los costes asociados a la impresión 3D. Esta iniciativa dio lugar a la popularización de dichas máquinas, ya que los costes asociados a fabricar una de ellas eran del orden de los 1000 dólares. Uno de los fundadores del proyecto RepRap, Zach Smith, fundó en 2009 la empresa MakerBot cuyo objetivo era vender kits de impresoras 3D para que todo el mundo pudiera montarse su propia impresora por menos de 1000 dólares. A partir de ese momento, las impresoras de bajo coste se han popularizado y ha surgido una industria alrededor de ellas. La aparición de esta nueva gama de impresoras permite a la mayoría de los centros educativos disponer de una de ellas y utilizarla en su docencia. Por lo tanto, una vez superado la barrera del precio, es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que nos permitan sacar partido de las impresoras 3D en entornos educativos (Canessa, Fonda & Zennaro, 2013).

III. Blokify y su relación con las visitas normalizadas

Blokify es un juego, gratuito, disponible para tabletas iPad que permite construir figuras mediante el uso de bloques en forma de cubos. Es un juego de tipo sandbox (es decir que no hay que cumplir ningún objetivo y que el jugador puede crear con libertad), de interfaz muy sencilla e intuitiva, muy parecido a Minecraft. Dispone únicamente de dos funciones de construcción, una es colocar bloques y la otra eliminarlos. La interfaz del juego es tipo tablero de ajedrez y cuenta con un entorno adaptado para los niños. Prácticamente no es necesario un aprendizaje, dado que solo se necesitan las instrucciones básicas de cómo rotar el espacio y moverse en el entorno de modelado tridimensional (Figura 1). Además la aplicación cuenta con la posibilidad de imprimir en 3D los modelos diseñados.



Figura 1: interfaz de la aplicación Blokify

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Blokify ayuda a entender de manera directa y lógica la relación entre los modelos tridimensionales y su representación bidimensional mediante vistas normalizadas y perspectivas. Además, debido a que su manera de diseñar es muy parecida a la del videojuego minecraft, muy popular entre niños y jóvenes, permite disminuir al máximo la necesidad de formación para la utilización del mismo.

La enseñanza de las vistas normalizadas (planta, alzado y perfil) forma parte del currículum de secundaria en la asignatura Educación Plástica y Visual y en Tecnología, siendo una parte importante de la asignatura de Dibujo Técnico que se estudia en Bachillerato. Para el estudio de las vistas normalizadas y los objetos en perspectiva, tradicionalmente, se realizan ejercicios sobre papel (Figura 2) que incluye dibujos en los que los alumnos deben identificar las figuras y saber obtener las vistas normalizadas. O al revés, representar la perspectiva a partir de las tres vistas. La interpretación de los gráficos es compleja y requiere conocimientos específicos y habilidades espaciales (M. Diezmann & Lowrie, 2009).

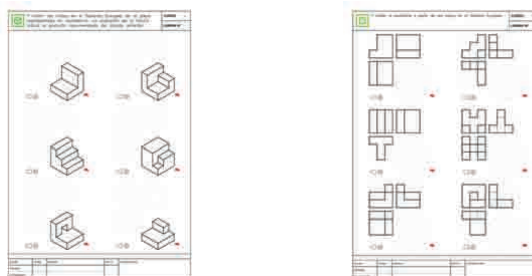


Figura 2: Ejercicios tradicionales de Perspectivas y vistas normalizadas

El desarrollo de las habilidades espaciales es un objetivo presente en los currículos a partir de la educación secundaria. Incluye las relaciones espaciales y la percepción, visión y rotación espacial (Sjölander, s.f.). En la educación primaria estos objetivos están relacionados con el espacio físico que rodea al niño (Holloway, 1982).

Está demostrado que las habilidades espaciales se desarrollan mediante entrenamiento (de la Torre Cantero J., Saorín, Carbonell, Del Castillo Cossío, & Contero, 2012), y se relaciona el dominio de las vistas normalizadas con la elección de carreras más técnicas (Wai, Lubinski, & Benbo, 2009). Estas carreras, agrupadas bajo las siglas STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), que hace referencia a los estudios de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. En 2011, los organismos estadounidenses del United States National Research Council y la National Science Foundation, consideraron a las disciplinas STEM como fundamentales para las sociedades tecnológicamente avanzadas e importantes para el desarrollo económico futuro (Brown, DeVillez, & Luczak, 2013). En Europa, la red educativa European Schoolnet (que agrupa a 31 Ministerios de Educación europeos) dispone en su portal web de tres áreas principales de interés: Innovación Educativa, Seguridad en la Red y estudios STEM. En este portal, se resalta que las habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) se están convirtiendo en una parte cada vez

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

más importante de la alfabetización básica en la economía del conocimiento (<http://www.eun.org/focus-areas/stem>).

#### IV. Descripción de la propuesta educativa

Para la realización de la actividad, se utilizan ejercicios impresos con la representación de formas 3D y de vistas normalizadas. Los ejercicios forman parte de un taller de modelado 3D disponible en el portal Anfore 3D ([www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)) que ha sido validado en diversos estudios y niveles educativos (De La Torre Cantero, 2013). Dadas las características para construir modelos 3D de Blokify, las figuras elegidas como enunciado se pueden construir por apilado de cubos. La tarea que se les propondrá a los alumnos es que realicen el mayor número de piezas posibles en el tiempo de una clase lectiva. Se realizan primero figuras con Blokify de los ejercicios a partir de la perspectiva y después a partir de las vistas normalizadas (Figura 3).

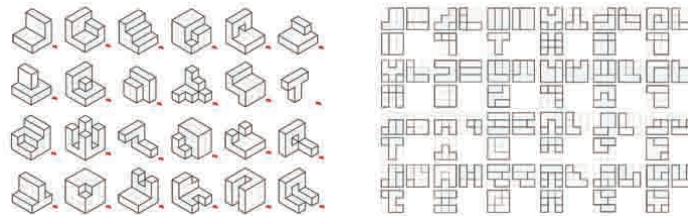


Figura 3: Ejercicios de Perspectivas y vistas normalizadas

Todas las creaciones que se realicen con la aplicación Blokify se podrán imprimir con una impresora 3D (Figura 4), posibilitando así a los alumnos entender la relación entre los objetos 3D y su representación bidimensional. Usando las diferentes maneras de ver o percibir el objeto, se contribuye a la mejora de la visión espacial de los niños (Holloway, 1982).

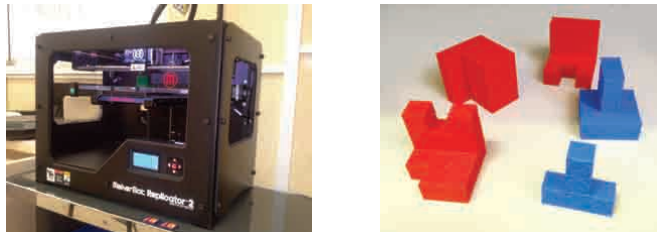


Figura 4: Figuras impresas con una impresora 3D

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Por lo tanto, con esta actividad los alumnos juegan con las mismas piezas pero en 4 formatos diferentes (Figura 5).

1. Dibujada sobre papel, interpretando la tridimensionalidad del objeto.
2. Dibujado sobre papel las 3 vistas de un objeto.
3. Modelado en un programa 3D con construcción a base de bloques y posibilidad de rotar el objeto en el espacio.
4. Impresión 3D del objeto diseñado. Teniendo la posibilidad de tocar un objeto físico.

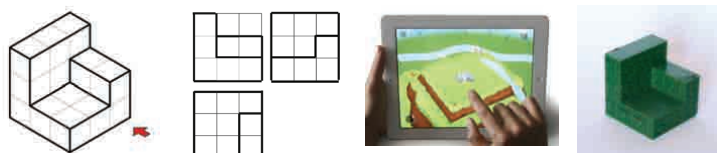


Figura 5: Diferentes formatos del mismo ejercicio

#### V. Descripción de la experiencia educativa

La actividad se realizó en el Colegio Nuryana de San Cristóbal de La Laguna el día 22 de abril de 2014. Se trata de un centro concertado cuya oferta educativa va desde educación infantil hasta 2º de Bachillerato. En la actividad participaron un total de 70 alumnos en tres sesiones distintas con un grupo de 4º ESO y dos grupos de Educación Primaria (3º y 5º). 28 alumnos de 3º de primaria (8-9 años), 26 alumnos de 5º de primaria (10-11 años) y 16 alumnos de 4º de la ESO (15-16 años).

Antes de comenzar la actividad, se realizó una breve encuesta a los alumnos para determinar el uso de dispositivos digitales durante su vida cotidiana, con la idea de ver si los alumnos estaban familiarizados con los medios digitales (Tabla 1). En dicha tabla se puede observar como la mayoría de los estudiantes dispone de ordenadores en un porcentaje cercano al 100% independientemente del nivel educativo. Sin embargo el uso de tabletas aumenta en los niveles inferiores, al igual que ocurre con el hecho de que conozcan el videojuego Minecraft.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

CURSO	4¼ESO	5¼Primaria	3¼Primaria
Total de alumnos	16	26	28
Número de alumnos que tiene tabletas digitales en su hogar	9 (56 %)	24 (92 %)	26 (92 %)
Número de estudiantes con ordenador portátil en casa	15 (93 %)	25 (96 %)	26 (92 %)
Número de alumnos con ordenador de mesa	16 (100 %)	25 (96 %)	28 (100 %)
Número de alumnos que habían jugado al videojuego Minecraft	4 (25 %)	11 (42 %)	18 (64 %)

Tabla 1: Caracterización de los participantes

La actividad se desarrolló durante tres sesiones de 50 minutos cada una. Se trabajó en grupos de 2-3 alumnos, a cada grupo se le entregó una tableta y dos hojas con ejercicios de perspectivas y vistas normalizadas (Figura 6). La actividad consistió en construir primero 10 piezas dibujadas en perspectiva con la aplicación Blokify.



Figura 6: Alumnos realizando el ejercicio e impresora 3D

Una vez los grupos conseguían construir las 10 piezas con blokify a partir de una perspectiva dibujada, pasaban al siguiente nivel, en el cual se aumentaba el grado de dificultad pues los alumnos debían realizar las piezas teniendo como datos tres vistas de la figura (Alzado, Planta y Perfil Izquierdo).

A medida que los alumnos iban obteniendo piezas, una de las posibilidades que ofrece Blokify es la de generar el archivo G-code para poder imprimir los modelos en una impresora 3D. Durante el taller, los tres primeros grupos en terminar una de las piezas tenían la posibilidad de generar el modelo en plástico en una impresora 3D (esta limitación es debida a que cada pieza tarda alrededor de 15 minutos en imprimirse). Al finalizar la experiencia se les pasó a los participantes una encuesta de satisfacción sobre la misma (Tabla 2). Para analizar la consistencia del cuestionario se ha realizado un alfa de Cronbach.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Pregunta
1 Blokify es una aplicación sencilla de utilizar.
2 ¿Piensas que es más sencillo realizar las figuras en Blokify que en el papel?
3 La actividad contribuye a mejorar la visión espacial.
4 ¿Crees que es acertada la orientación educativa de la aplicación Blokify?
5 La incorporación de tabletas al aula es estimulante para los alumnos.
6 Me gustaría que se incorporaran más actividades de este estilo al temario de la asignatura.
7 Ha sido sencillo realizar la actividad siguiendo las instrucciones recibidas.
8 Prefiero trabajar con tabletas que hacerlo usando reglas, lápiz y papel.
9 El uso de impresoras 3D en el aula, incrementa la motivación de los alumnos debido a la posibilidad de ver su proyecto terminado.
10 Usar una impresora 3D es fácil y viable en un aula.

Tabla 2: Resultados encuesta de satisfacción

#### VI. Resultados

Después de la experiencia se contabilizó el número de ejercicios resueltos, diferenciando los tres niveles en los que se hizo la prueba. Los resultados se pueden ver en la Figura 7.

Los alumnos de 4º ESO fueron capaces de completar todos los ejercicios a partir de la perspectiva, y la mayoría consiguió resolver más de cinco piezas a partir de las vistas normalizadas. Estos alumnos llevan dos años en la asignatura de Dibujo Técnico y ya tienen los conocimientos básicos sobre las perspectivas y las vistas normalizadas.

Los alumnos de 5º de Primaria desconocían el Dibujo Técnico y conceptos como la visión espacial. Por otro lado, la mayoría estaba familiarizada con el videojuego Minecraft y se manejaban con bastante soltura con la tableta digital y la aplicación Blokify. Fueron capaces de terminar al 90% los ejercicios a partir de la perspectiva y también realizaron al menos dos piezas del siguiente nivel.

Finalmente, los alumnos de 3º de Primaria obtuvieron resultados un poco inferiores respecto del grupo anterior. Del total de nueve grupos, tres consiguieron realizar al menos una pieza a partir de las tres vistas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Biokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

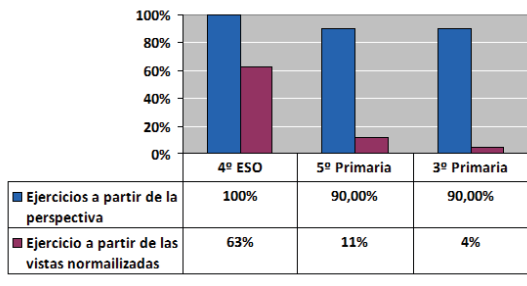


Figura 7: Resultados por niveles educativos

VII. Evaluación de satisfacción de la actividad

Un aspecto fundamental que valoramos con esta actividad es la opinión de los participantes. Por ello, en los últimos minutos de cada sesión se pasó un breve cuestionario de diez preguntas a los alumnos para medir la utilidad del ejercicio y su opinión respecto a la eficacia del mismo utilizando la escala Likert del 1 al 5. La tabla de frecuencias de los resultados de los cuestionarios se puede ver en la tabla 3.

NºPregunta	Número de respuestas en escala de Likert (N= 70 alumnos)				
	1	2	3	4	5
1	0	0	7	13	50
2	1	4	5	14	46
3	3	1	12	20	34
4	2	2	8	18	40
5	2	4	7	7	50
6	1	0	3	3	63
7	0	2	3	15	50
8	2	2	3	4	59
9	1	4	7	9	49
10	0	6	15	23	26

Tabla 3: Tabla de Frecuencias para el cuestionario de satisfacción

Para dichos resultados se ha obtenido un alfa de Cronbach de 0,721(en particular para los 16 alumnos de 4º de la ESO un alfa de Cronbach de 0,770). Los resultados de los cuestionarios muestran que el 90% de las preguntas tuvieron una puntuación superior al 4,00 sobre 5,00 (tabla 4).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Pregunta (Escala Likert 1 a 5)		
1	Blokify es una aplicación sencilla de utilizar.	4.56
2	¿Piensas que es más sencillo realizar las figuras en Blokify que en el papel?	4.47
3	La actividad contribuye a mejorar la visión espacial.	4.06
4	¿Crees que es acertada la orientación educativa de la aplicación Blokify?	4.25
5	La incorporación de tabletas al aula es estimulante para los alumnos.	4.37
6	Me gustaría que se incorporaran más actividades de este estilo al temario de la asignatura.	4.79
7	Ha sido sencillo realizar la actividad siguiendo las instrucciones recibidas.	4.64
8	Prefiero trabajar con tabletas que hacerlo usando reglas, lápiz y papel.	4.57
9	El uso de impresoras 3D en el aula, incrementa la motivación de los alumnos debido a la posibilidad de ver su proyecto terminado.	4.39
10	Usar una impresora 3D es fácil y viable en un aula.	3.87

Tabla 4: Resultados encuesta de satisfacción

#### VIII. Conclusiones

Debido a que Blokify es un juego para tabletas digitales, permite introducir el modelado 3D digital en cualquier aula. Blokify es apto para la iniciación al modelado tridimensional desde la enseñanza primaria, dado que permite a los niños familiarizarse con el trabajo en un entorno 3D con medios digitales, sin requerir un aprendizaje ni conocimientos previos de programas de modelado. Blokify es un recurso que ayuda a entender las vistas normalizadas (planta, alzado y perfil) de un objeto geométrico. Este tema es importante para el dibujo técnico y su conocimiento es necesario para estudiar carreras como ingeniería o arquitectura. Comprobamos que sirve para introducir a alumnos en la relación entre las figuras tridimensionales y su representación bidimensional mediante las vistas normalizadas y la perspectiva.

Los alumnos prefieren realizar ejercicios de perspectivas y vistas mediante modelados 3D en tableta digital antes que hacerlos sobre el soporte de papel tradicional (4,57 sobre 5). Y a ellos mismos les parece más fácil realizar estos ejercicios mediante los dispositivos digitales. El 87,4 % de los participantes cree que la utilización de tabletas digitales en el aula aumenta su motivación. A un 95,8% de los alumnos les gustaría tener actividades de este estilo dentro de alguna asignatura. La mayoría de los alumnos, especialmente los de menor edad, estaban habituados a manejar tabletas digitales y no tuvieron ninguna dificultad en trabajar con Blokify, a pesar de ser la primera vez que la usaban.

El uso de impresoras 3D en el aula, incrementa la motivación de los alumnos debido a la posibilidad de ver su proyecto terminado (4,39 sobre 5).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Biokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Finalmente, el hecho de que varios grupos de Educación Primaria lograran llegar al nivel más avanzado y resolver algunas figuras sin tener conocimientos previos, puede hacernos reflexionar sobre si tecnologías como las utilizadas en esta experiencia, permiten acelerar los procesos de aprendizaje.

Referencias

- Ball, G. (1978). Telegames Teach More Than You Think. *Audiovisual Instruction*, 24-26.
- BOE. (2007). La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. REAL DECRETO 1631/2006. España.
- Brown, J., DeVillez, A., & Luczak, T. (17 de 05 de 2013). *Stem education coalition*. Obtenido de <http://www.stemedcoalition.org/>
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP.
- Cinovas, G., García de Pablo, A., Oliaga San Atilano, A., & Aboy Ferrer, I. (2014). *Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablets y Smartphones*. España: Protegeles.
- Castro, A. d., de la Cruz, M., & Solano, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción*, 505, 53-71.
- Castrillón, M. H. (14 de 12 de 2014). *La Nación*. Obtenido de Què compra Microsoft al pagar 2500 millones de dólares por el Minecraft: <http://www.lanacion.com.ar/1727404-microsoft-comprara-a-los-creadores-del-minecraft-por-2500-millones-de-dolares>.
- de la Torre Cantero, J., Saorín, J., Carbonell, C., Del Castillo Cossío, M., & Contero, M. (2012). Modelado 3D como herramienta educativa para el desarrollo de competencias de los nuevos grados de Bellas Artes. *Arte, Individuo y Sociedad*, 24(2), 179-193.
- de la Torre Cantero, J. (2013). *Aplicación de Tecnologías Gráficas Avanzadas como elemento de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas*. Valencia: UPV
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, September). From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15). ACM.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Biokify: Juego de modelado e impresi3n 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

- Educativas, I. d. (2011). *Proyecto Imagine: Juegos Digitales para el Aprendizaje*. Departamento de Proyectos Europeos.
- GZrtrudix Barrio, M., & GZrtrudix Barrio, F. (2013). Aprender jugando. Mundos inmersivos abiertos como espacios de aprendizaje de los y las j-venes. *Revista de Estudios Juventud*, 123 - 137.
- Gros, B. (1998). *Jugando con los videojuegos: educaci3n y entretenimiento*. Bilbao: Editorial DesciZe De Brouwer.
- Gros, B. (2004). *Pantallas, juegos y educaci3n. La alfabetizaci3n digital en la escuela*. DesciZe De Brouwer.
- Heinrich, P. (2012). *The iPad as a tool for education*, . Kent: Naace.
- Holloway, G. (1982). *La concepci3n del espacio en el ni-o seg3n Piaget*. Barcelona: Paid-s.
- Horizon. (2013, 2014). *Horizon Report Edici3n sobre Educaci3n Superior 2013*. New Media Consortium. Austin: New Media Consortium.
- Institute of international education. (2014). *Annual Report*. U.S.A.: Institute of International Education.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- Lee, J. J. & Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2)
- Long, S., & W.H. Long. (1984). Rethinking Video Games. *The Futurist*, 35-37.
- Lowery, B., & Knirk, F. (1982-83). Micro-computer video games and spatial visualization adquisition. *J. Educational Technology Systems*, 155-166.
- M.Diezmann, C., & Lowrie, T. (2009). Primary students3spatial visualization and spatial orientation : an evidence base for instruction. *33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Grecia: Aristotle University of Thessaloniki.
- OECD. (2014). *TALIS 2013 Results: An international perspective on Teaching and learning*. OECD publishing.
- St3ez L-p3ez, J. M., & Dom'nguez Garrido, C. (2014). Integraci3n pedag-gica de la aplicaci3n Minecraft edu en educaci3n primaria: un estudio de caso. *P3xel-Bit. Revista de Medios y Educaci3n*, 95 - 110.
- Saor'n P3rez, J. L., de la Torre Cantero, J., Mart'n Dorta , N., Carbonell Carrera, C., & Contero Gonz3lez, M. (2011). *Tabletas digitales para la docencia del dibujo, dise-o y artes*

J. L. Saorin, J. de la Torre Cantero, D. Melian, C. Meier & D. Rivero Trujillo  
Digital Education Review - Number 27, June 2015- <http://greav.ull.edu/der/>

119

Este documento incorpora firma electr3nica, y es copia aut3ntica de un documento electr3nico archivado por la ULL seg3n la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente direcci3n <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

C3digo de verificaci3n: 7YLarVRg

Firmado por: D3mari Meli3n D3az  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Blokify: Juego de modelado e impresi-n 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

- plísticas. Teoría de la Educaci-n: Educaci-n y cultura en la sociedad de la Informaci-n, 259-279.
- Saorín, J. L., Martín Gutiérrez, J., Martín Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do videogames improve spatial abilities of engineering students. *International Journal of Engineering Education* (págs. 1194-1204). Eindhoven: Tempus publications.
- Silvern, S. B. (1985-86). Classroom Use of Video Games. *Educational Research Quarterly*, 10-16.
- Sjölinder, M. (s.f.). Spatial cognition and environmental descriptions. En M. Sjölander, *Spatial cognition and environmental descriptions* (págs. 45 -58). Kista.
- UNESCO. (2015). *La Educaci-n para Todos, 2000 - 2015, Logros y Desafíos*. París : UNESCO.
- Viki, Carlos, Ortega, L., Villar, M., Fernandez, M., Torras, M., . . . Casas, C. (s.f.). *Impresoras3D.com*. Recuperado el 18 de 05 de 2014, de <http://www.impresoras3d.com/>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbo, C. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835.

Recommended citation

Saorin, J.L; De la Torre, J; Melian, D; Meier, C & Rivero, D. (2015). Blokify: Juego de modelado e impresi-n 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva In: *Digital Education Review*, 27, 105-121. [Accessed: dd/mm/yyyy] <http://greav.ub.edu/der/>

J. L. Saorin, J. de la Torre Cantero, D. Melian, C. Meier & D. Rivero Trujillo  
Digital Education Review - Number 27, June 2015- <http://greav.ub.edu/der/>

120

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Biokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva

Copyright

The texts published in Digital Education Review are under a license Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 2.5 Spain, of Creative Commons. All the conditions of use in: [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.en_US)

In order to mention the works, you must give credit to the authors and to this Journal. Also, Digital Education Review does not accept any responsibility for the points of view and statements made by the authors in their work.

Subscribe & Contact DER

In order to subscribe to DER, please fill the form at <http://greav.ub.edu/der>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## PUBLICACIÓN Nº: 02

---

*Interpretation of relief: 3D representation technologies for teaching*

**Dyna New Technologies**

Volúmen 4, Número 1

BASE DE DATOS :  
**LATINDEX**

2017

.....

Carlos Carbonell Carrera

José Luis Saorín Pérez

Dámari Melián Díaz



Anexo I 21

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

9/10/2018

Latindex

- Características cumplidas / cumplidas / Standards met: 35  
 Características no cumplidas / Não cumpridas / Standards not met: 1



Título	Dyna. New technologies
Título Abreviado	Dyna. N. technol.
País	España
Situación	Vigente
Año de inicio	2014
Año de Terminación	9999
Frecuencia	Frecuencia continua
Tipo de publicación	Publicación periódica
Soporte	En línea
Idioma	Español
ISSN	2386-8406
Temas	Ciencias de la Ingeniería
Subtemas	Telecomunicaciones, ingeniería eléctrica
Clasificación Decimal Universal	004
Organismo responsable	Federación de asociaciones de ingenieros industriales de España
Editorial	Publicaciones DYNA SL
Naturaleza de la publicación	Revista de investigación científica
Naturaleza de la organización	Asociación científica o profesional
Revista arbitrada	Si

<b>Texto completo</b>	<b>Cobertura Temporal</b>	<b>Formato de Salida</b>	<b>Acceso</b>
<a href="http://www.dyna-newtech.com/inicio">http://www.dyna-newtech.com/inicio</a>	2014	PDF	

• DATOS DE CONTACTO

Responsables	Jose Maria Hernandez Alava
Calle y Número	Mazarredo 69 - 4º
Ciudad	Bilbao
Estado / Provincia / Departamento	Vizcaya
Teléfono	+34 944237566
E-mail	info@dyna-newtech.com
Código Postal	48009

• ÍNDICES Y RESÚMENES

Latindex-Catálogo
Latindex-Directorio

• DISTRIBUCIÓN

Distribución (Formas)	online
Distribución Geográfica	internacional

• DATOS DE REGISTRO

Folio	25295
Folio Único	22355
Centro de Acopio	España
Fecha de Alta	2016-04-04

- Revistas por base de datos
- Revistas acumuladas por año
- Revistas por situación actual actual
- Revistas por año de inicio
- Revistas por idioma de publicación
- Histórico
- Revistas por país
- Revistas acumuladas por año
- Revistas electrónicas
- Histórico
- Revistas por país
- Revistas acumuladas por año
- Revistas por año de inicio
- Histórico
- Directorio
- Catálogo

<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25295>

1/1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

RESEARCH ARTICLE

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

## INTERPRETATION OF RELIEF: 3D REPRESENTATION TECHNOLOGIES FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera<sup>1</sup>, José Luis Saorín-Pérez<sup>2</sup>, Dámari Melián-Díaz<sup>3</sup>

Universidad de La Laguna. Avenida Ángel Guimerá Jorge, s/n. La Laguna, 38207. Tenerife. Tf. 629136506 [ccarbone@ull.es](mailto:ccarbone@ull.es)

Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura.

<sup>1</sup>Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría.

<sup>2</sup>Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

<sup>3</sup>Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

Received: 20/Jul/16 -- Accepted: 15/Nov/16 - DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8112>

### ABSTRACT:

The three-dimensional interpretation of the relief from 2D representations is a difficult task for engineering students. The use of advanced graphics technologies and digital manufacturing for creating 3D models enables the design and implementation of new teaching and learning strategies. In a workshop with 32 engineering students working with traditional 2D maps, 3D digital representations (augmented reality, 3D viewer) and tangible models (3D printed models and stacked layers DTM), participants increase their ability to interpret the relief by 6.19 points, measured with the Topographic Map Assessment test. Students show a preference for tangible 3D models against digital versions for understanding landforms. 3D modelling technologies facilitate the representation and interpretation of cartographic relief.

Keywords: spatial competences, 3D printer, 3D modelling, Digital Terrain Model (DTM), Augmented Reality.

### RESUMEN:

La interpretación tridimensional del relieve a partir de representaciones 2D genera dificultades para los estudiantes de ingeniería. El empleo de tecnologías gráficas avanzadas así como la fabricación digital para la creación de modelos 3D, permite el diseño e implantación de nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje. En un taller con 32 estudiantes de ingeniería en el que trabajan con mapas 2D tradicionales, representaciones 3D digitales (realidad aumentada, visualizadores 3D) and modelos tangibles (impresión 3D and DTM por capas apiladas), los participantes aumentan su capacidad de interpretación del relieve en 6,19 puntos, medido con el test Topographic Map Assessment. Los estudiantes muestran preferencia por los modelos 3D tangibles frente a los digitales para la comprensión de las formas del terreno. Tecnologías de modelado 3D facilitan la representación e interpretación del relieve cartográfico.

Palabras clave: competencias espaciales, impresoras 3D, modelado 3D, modelos digitales de terreno (DTM), realidad aumentada.

## 1. - INTRODUCTION

In the field of Engineering, the use of maps, plans and geo-referenced materials, in which the shape of the land is represented using two-dimensional mapping techniques is common. For the three-dimensional interpretation of relief, apart from knowing the systems of representation and the cartographic symbols, spatial perception is vital [1], generated by the use of maps, plans, images and visualisations [2], in which the mental representation of the cartographic information is known by the term, Map Reading Skill, and contemplates the interpretation of relief as an ability to perceive the shape of the land.

This spatial perception is indispensable for success in studies in Science, Technology, Engineering and Mathematics, known by the acronym of STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) [3,4]. Degrees in Engineering adapted to the European Higher Education Area include in their objectives the conduct of necessary specific abilities related with obtaining, analysis, treatment and representation of geographical and cartographic information [5]. There are, in turn, numerous powers and results of learning related with the interpretation of relief, foremost among which are

Pag. 1 / 13

DYNA New Technologies  
c) Mazaredo nº69 -4º 48009-BILBAO (SPAIN)  
Tel +34 944 237566 – [www.dyna-nuevastechnologias.com](http://www.dyna-nuevastechnologias.com) - email: [info@dyna-nuevastechnologias.com](mailto:info@dyna-nuevastechnologias.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

the following: systems of spatial representation, interpretation of relief as an element which forms part of the territory, knowledge of CAD systems applied to cartographic procedures, techniques for the treatment and representation of cartographic information and, finally, ways of representing relief [6].

In this framework of powers, there are investigations which make clear the difficulties of three-dimensional interpretation. [7] and [8] detected problems in the interpretation of contour lines. However, in order to solve these deficiencies, research in the matter of cartographic interpretation by students has concentrated more on the field of spatial abilities [9] than on the proposal of specific strategies for its development [8].

Digital technologies of three-dimensional representation, such as augmented reality and three-dimensional mesh viewers (applications available for PC, digital tablets and Smartphones), as well as the appearance of techniques and processes of low cost to generate tangible digital models of land, such as 3D printers and cutting machines, offer a great opportunity for the development of specific strategies devoted to completing the training of students of engineering as regards the interpretation of relief.

In this paper, the results of a workshop in which engineering students were working with traditional 2D cartography and four forms of three-dimensional representation of land, using digital technologies (augmented reality and three dimensional viewers) and tangible digital models of the land (3D printing and generation of three-dimensional models through stacked layers) are shown. Their capacity for interpretation of relief is measured and results are attached from a satisfaction survey of the technologies used.

## 2. - MATERIALS AND METHODS

### 2.1...-DIGITAL.AND.TANGIBLE.TECHNOLOGIES.FOR.THE.REPRESENTATION.OF.LAND...

Some authors state that working with 3D models can increase spatial learning [10,11]. In the field of teaching, [12] they conclude that 3D technologies improve academic performance and are an intuitive and attractive teaching resource in contexts related with the representation and interpretation of relief. The new technologies for 3D representation of land offer the user the opportunity to interact with the forms of relief through gestures, by applying turns, rotations, changes of scale (only in digital versions) and of perspective with his or her own hand. These gestural movements help new students to solve problems of spatial perception and to develop their abilities for cartographical interpretation [13]. [14] carried out a study on the gestures made with the hand to interpret and express forms of terrain starting with traditional 2D cartography, and concluded that the gestures are very appropriate to the interpretation of relief on topographical maps.

In this three-dimensional environment in which the user can interact manually with what is represented, the growing increase in applications for modelling and 3D visualisation, which are either free and/or low cost, allows students and teaching institutions to have easier access to these technologies. Likewise, the appearance of three-dimensional working environments such as digital fabrication laboratories (Fab-Lab) in which it is possible to generate tangible 3D representations of the land offers a great opportunity for development of the abilities of interpretation of relief.

It is therefore necessary, as a complement to traditional 2D techniques, to study the potential of these technologies for the representation of the landform, the most important of which are:

#### 2.1.1.- Augmented reality

Augmented reality (AR) generates video sequences in real time on the screen of a computer or a mobile device (tablet and/or Smartphone) from computer-generated images and makes it possible to interact with the representation using hand gestures, all in a three-dimensional environment. [15] denominated this kind of representation as Augmented

Pag. 2 / 13

DYNA New Technologies  
c) Mazaredo nº69 -4º 48009-BILBAO (SPAIN)  
Tel +34 944 237566 – [www.dyna-nuevastechnologias.com](http://www.dyna-nuevastechnologias.com) - email: [info@dyna-nuevastechnologias.com](mailto:info@dyna-nuevastechnologias.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

Maps, and concluded that the augmented maps constituted one more step in the interaction by the user with digital cartography. [16] stated that augmented reality is a powerful tool for representation, visualisation and interpretation of the terrain in 3D, and although at the beginning it was a challenge for teachers to prepare materials adapted to this technology [17], currently, the appearance of free applications for easy use facilitates its implementation in formal education.

In the teaching context, AR is considered to be a technology which can positively influence the processes of teaching and learning [18,19] as it generates a novel working environment which contributes to motivating the student [20] and facilitates teacher-student collaboration by developing spatial competence through direct interaction with the 3D representations in an environment of virtual teaching-learning [21]. To be specific, in relation with the capacity for interpretation of the relief, [16] they concluded, in an experiment carried out with 73 engineering students, that Augmented Reality contributes to the development of this ability. [17] states that AR is a challenge for teachers, who will have to develop content and teaching materials.

In the workshop mentioned earlier in this paper, AR was used to generate a 3D representation of terrain. The Smartphone camera recognises a symbolic figure called the marker, printed on paper, which contains the digital information on the digital terrain model (DTM) and which is transformed into a 3D digital model on the screen of the device (fig. 1). The participant interacts with the shapes of the relief in an intuitive manner, making gestures with his or her hand (turns, rotations, changes of scale and of perspective) directly on the screen of the device thus obtaining the different visualisations which he/she needs for the resolution of the exercises that are considered. It is also possible to obtain the same effect by moving the AR marker.

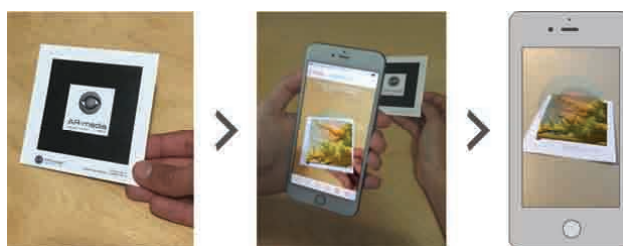


Fig. 1.

Visualization in AR.

Left: AR marker. Centre: recognition of the marker. Right: DTM in AR.

### 2.1.2. - 3D Viewers

3D viewers are applications which make it possible to represent digital content three-dimensionally. In a similar way to AR, the student manually interacts with the model on the screen of the device (fig. 2).



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luís Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL THEORY AND METHODS  
Other

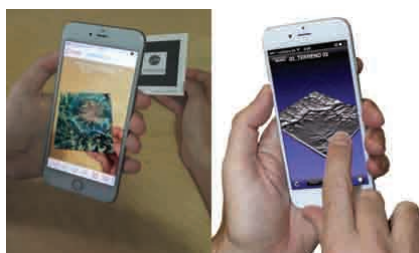


Fig. 2.  
DTM Visualisation with 3d viewer

Both technologies, AR and 3D mesh viewers, can be executed on Tablets and/or Smartphones.

### 2.1.3. - Tangible digital models: scale models

Content is learned more easily through the use of three-dimensional objects [23]. In this way, in educational environments in which maps and plans are employed, three-dimensional representations have been much used: tangible digital terrain models help understanding of three-dimensional space [24], and are an excellent teaching material for education and learning of the reading, interpretation and making of the plans which define a project [25].

An example of the traditional use of scale models or 3D models in teaching is observed in figure 3, which shows a wooden model representing a piece of terrain and the slopes generated on it by the inclusion of a platform, used at the University of La Laguna. In the same image, on the right, a printed terrain made with a 3D printer is shown: past and present of the generation of tangible digital terrain models.



Fig. 3.  
Left: traditional model with 3D content of land clearance and slope.  
Right: DTM prepared with 3D printer.

3D printers make it possible to obtain tangible DTMs by working from digital information, through processes of additive manufacturing. They are becoming more and more economical, which makes it more possible to use them in the classroom [26]. The final product offers great precision, although there will always be a limitation regarding their



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

size. Printing in 3D also requires a long time for complete printing. The models used in this experiment required seven hours to be printed and for this reason printing does not form a part, properly so called, of the workshop held in this work, and they were printed by the teacher prior to the conduct of the activity.

Other options for creating a DTM by addition of material is the use of stacked sections, each one representing the outline of a contour line, so as to lay them one on top of the other and construct the model. The free application Autodesk123D Make enables sections of a 3D model to be generated in DXF or PDF format, as well as selecting the size of the model, the thickness of each section or layer (according to the material used), and the construction technique, which, for the models used in this workshop, was by addition of one layer on top of another (fig. 4).

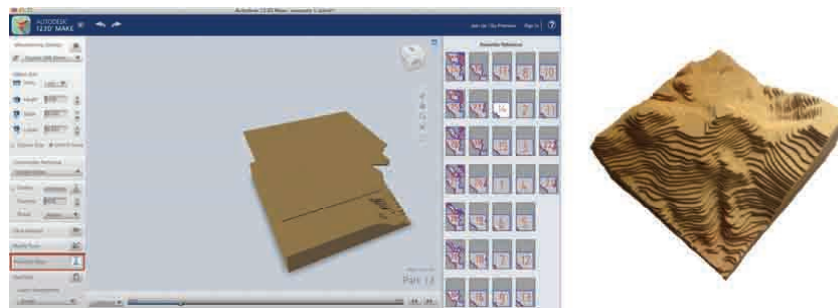


Fig. 4  
DTM by stacked layers with Autodesk 123 Make

#### 2.1.4. - 3D technologies: new trends in higher education

Among the international reports written on technologies in education published, among others, by such organisations as UNESCO, the Institute of International Education and the OECD [27, 28 and 29] there is one that has become a point of reference, the Horizon report. Prepared by the New Media Consortium, it identifies key trends in educational technology for higher education, analysing their impact on the fields of education, learning and research.

According to the last six reports [30-35], Augmented Reality (AR) and digital tablets and/or Smartphones have become leading technical trends. Likewise, the Horizon Report 2014 adds a new trend called BYOD (Bring Your Own Device), which promotes the use by students of their own devices (Smartphone and/or digital tablets) together with free educational applications, as an alternative to traditional classes. The Horizon Report 2015 emphasises, in turn, the possibilities of new tools such as 3D printers and the web applications for three-dimensional modelling, technologies which are becoming more and more accessible within the term Makerspace or Fab-Lab (the acronym of Fabrication Laboratory), a space equipped with technological tools for publishing in 3D printing in which it is possible to convert ideas and models into real objects. Finally, the Horizon Report 2016 stresses the redesign of learning environments, in which new, more flexible types of spaces are used which make possible the use of all kinds of devices.

The workshop held in this research is adapted to the particular trends highlighted in the Horizon Reports as it includes augmented reality and three-dimensional modelling from free web applications which the students install on their own Smartphone for three-dimensional viewing of digital terrain models. Likewise, the creation of a Fab-Lab environment in which students can prepare the digital models of the terrain in 3D used in this workshop is a challenge for the teaching

Pag. 5 / 13

DYNA New Technologies  
c) Mazaredo nº69 -4º 48009-BILBAO (SPAIN)  
Tel +34 944 237566 – [www.dvna-nuevastechnologias.com](http://www.dvna-nuevastechnologias.com) - email: [info@dvna-nuevastechnologias.com](mailto:info@dvna-nuevastechnologias.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
 REPRESENTATION FOR TEACHING

RESEARCH ARTICLE

Carlos Carbonell-Carrera, José Luís Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
 THEORY AND  
 METHODS  
 Other

institutions. The way 3D printers have become cheaper and other digital fabrication procedures (laser cutters, CNC milling and cutting plotters among others) as well as the use of free software facilitate its implementation in formal teaching.

The digital and tangible technologies used in the experiment have advantages and drawbacks that are connected with their format. The tangible models are easy to use in the classroom, although those printed in 3D have a limitation of size which is in accordance with the capacity of the 3D printer used to make them. In relation with digital representations, they are easy to implement in virtual learning environments, although they require the use of Smartphones with an Internet connection.

2.2.- THE MEASUREMENT OF THE CAPACITY TO INTERPRET RELIEF..

In the workshop carried out, for the measurement of the capacity to interpret relief, a test prepared by a team of psychologists, teachers and professionals of geographical sciences from North-Western University, Carlton College, Temple University is used, the Topographic Map Assessment test (TMA) [14]. The test combines different techniques of representation (topographical maps with contour lines, perspectives, panoramic photos, sections and profiles) to analyse different levels of cartographical comprehension and interpretation. It consists of eighteen exercises (items) in paper format, where questions related with the understanding of relief are set. These questions deal with matters such as inter-visibility between points, circulation of water on a slope, or the route to get from one point to another with the minimum effort, all in scenarios where different geographical accidents and/or forms of relief are proposed (Table 1). This variety of questions affects the knowledge that a student must have in order to be able to interact with topographical maps and plans. The evaluation of the psychometric characteristics of the TMA shows good performance and reliability, with the result that this is a useful test to evaluate the capacity for interpretation of relief in the students. [14]. This test has been introduced in the subjects in the cartographic, geodesic and photogrammetric engineering area at the University of La Laguna as another tool for the evaluation of the academic performance of content related with cartographic representation and interpretation.

Description of the Topographic Map Assessment test		
Item	Description	Number
Route	The route requiring the least effort between two points	1
Circulation of water	Circulation of water between two or more points in different scenarios	2,10,11,12
Slope	Most pronounced slope between two points	5,9
Visibility	Questions on the visibility between points	3,17
Altitude	Questions on the height of points on maps with contour lines	4,6,7
Identification of the shape of the terrain	From a photograph or a perspective of a piece of land, accompanied by its representation with contour lines, questions are set to analyse the identification of geographical accidents on the map.	8,15,16,18
Profiles	Questions on longitudinal profiles made on a topographical map with contour lines.	13,14

Tabla 1  
 Topographic Map Assessment Test.

The score for each item is one point, except for item 3 (5 points), items 9, 10, 12 and 17 (2 points) and 11 (3 points). This is due to the fact that in item 3 there are 5 questions, 2 questions in items 9, 10 and 12 and 3 questions in item 11. The maximum score, therefore, is 29 points.

Pag. 6 / 13

DYNA New Technologies  
 c) Mazaredo nº69 -4º 48009-BILBAO (SPAIN)  
 Tel +34 944 237566 – [www.dyna-nuevastechnologias.com](http://www.dyna-nuevastechnologias.com) - email: [info@dyna-nuevastechnologias.com](mailto:info@dyna-nuevastechnologias.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38





INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

For the statistical analysis, the starting hypothesis is the null hypothesis ( $H_0$ ): "the average value of the capacity of interpretation of relief obtained with the TMA test has not changed since the workshop". Once the null hypothesis is set, this supposition will be validated or otherwise by methods of statistical inference, through an analysis of paired series.

One also wants to know, in turn, the personal impression of the student regarding the workshop, for which a satisfaction questionnaire is administered with a Likert scoring scale (1 completely disagree, 5 completely agree) on which questions are asked in two blocks (generic and specific) with questions on each of the technologies used. The generic block contemplates two questions related with the impact of the technologies on the learning process, and the specific block is designed around three fundamental concepts for the interpretation of forms of the terrain, such as the contour line, the maximum fall line and the profiles of the terrain.

In order to determine the minimum size of the sample, a minimum increase ( $d$ ) in the capacity of interpretation of relief of four points, measured with the TMA, is estimated, with a maximum standard deviation (SD) of five (values obtained on the basis of previous experiments with the same test [16]). The probability of a type 1 error is set at 5% ( $Z_\alpha=1.96$ ) and of type 2 at 10% ( $Z_\beta=1.28$ ). With these values and applying the expression  $n=(Z_\alpha + Z_\beta)^2 * (SD/d)^2$  the minimum sample size is 17 to guarantee reliable and consistent statistical results. Considering this minimum value, the workshop took place with thirty-two student volunteers from the second year of Engineering with an average age of 21.6 years. None of the participants had prior experience in the use of the technologies used at the workshop.

### 3. - WORKSHOP

A workshop was designed in the 2015-2016 academic year in which students from the second year of Engineering at the University of La Laguna worked with different forms of 2D and 3D representation of the terrain to verify the effect on their ability to interpret relief. The experiment took place in the same classroom where they took the theoretical classes in the subject, using their own mobile devices. The workshop consisted of the following stages:

Stage I (1h. 30 min.): The teacher supplied five maps on paper, A4 format, with the relief represented using different 2D cartographical techniques. These were contours, orthophotos, hypsometric tints with contour lines, colour scales and hypsometric tints combined with contour lines and oblique overhead shading. Each map contains questions on the interpretation of the terrain, for which the students had to visualise routes according to the altitude, fall lines, elevations, hills, dividing lines, watercourses, apexes and depressions (fig. 5).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other



What is the value of equidistance?  
Are there visibility between points: A-B, A-C, A-D, F-C, F-G?  
There is a hill? Mark with a circle  
Report the area of maximum slope with an arrow

Fig. 5  
Example of an exercise at the workshop (stage 1) with 2D representation

Each one of these 2D representations has its 3D version in four modalities, two in digital form, and two in tangible form, which would be used in Stage II.

Stage II (2 h.): the students worked with the same exercises which were set at the foregoing stage but using the representations in 3D (fig. 6). The participants verified whether the interpretation that they had made of the terrain using the 2D representations corresponded with the interpretation that they made with the 3D versions.



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
 REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
 THEORY AND  
 METHODS  
 Other
















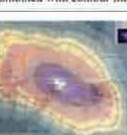






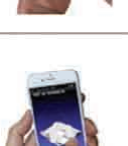


Stage I: 2D	Stage II: 3D			
1st Stage	2nd Stage: Digital 3D representations		3rd Stage: tangible 3D representations	
Traditional Cartographic Relief Teenic	Augmented Reality	3D Visualizer (In Smartphone)	3D Digital Terrain Models Printed in 3D	3D Digital Terrain Models Stacked Slices
 Contour lines				
 Orthophoto				
 Hypsometric overlapping inks combined with contour lines				
 Hypsometric overlapping inks				
 Zenith and oblique shading				

Figure 6  
 2D Version and 3D representations

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
 REPRESENTATION FOR TEACHING

RESEARCH ARTICLE

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
 THEORY AND  
 METHODS  
 Other

The two digital representations in 3D were obtained using Augmented Reality and three-dimensional mesh viewers. The students previously installed the free access Augmented Reality Media Player (Android iOS) on their Smartphones for augmented reality and 3D Viewer (Android) and/or MeshLab (iOS) respectively for viewing the three-dimensional meshes. Both technologies reproduce the digital model of the terrain in three dimensions on the Smartphone screen. The teacher makes a web directory available (in the case of this workshop the virtual classroom for the subject was used) from which the students download five files with the \*.armedia extension and another five with the \*.STL extension, which will allow the AR Media player and Viewer 3D and/or MeshLab applications, respectively, to generate a 3D representation of each of the five files.

The versions in tangible 3D format are DTMs printed with a size of 15x15 cm in 3D with the Makerbot Replicator printer, and, in turn, created by means of superposition of stacked layers, (contour lines). In figure 6 each of the 2D versions are shown with its equivalent in the tangible version.

The participants in the workshop carry out the TMA test individually before (pre-test) and after (post-test) the workshop, so as to verify the effect of the workshop on their ability to interpret relief. At the end of the workshop, they answer a satisfaction survey (Table 3).

#### 4. - ANALYSIS OF DATA AND RESULTS.

With the data collected in the TMA test before (pre-test) and after (post-test) the workshop, the t-student test is applied for paired series (Table 2).

Participants	Topographic Map Assessment Test Score and level of significance			p-value
	Pre-test Average score (standard deviation)	Post-test Average score (standard deviation)	Gain Average score (standard deviation)	
Total N=32	13.88 (2.66)	20.06 (2.34)	6.19 (2.49)	0,00000000000005<0.01
Men N=17	14.65 (2.71)	21.12 (1.69)	6.47 (2.73)	0,0000000036<0.01
Women N=15	13.00 (2.45)	18.87 (2.36)	5.87 (2.23)	0,000000075<0.01

Table 2  
 Test Results

The level of significance (*p*-value) in no case reaches 1%. The null hypothesis ( $H_0$ ) is therefore rejected in all cases and it can be stated with a level of significance of more than 99.9% that the average variation of the group studied has undergone an increase, that is to say, the average value of the capacity of interpretation of relief measured with the TMA test has undergone a statistically significant increase.

Analysing the result by sex, there are also statistically significant differences both for men and for women (*p*-value<0.01 in both cases), that is to say, both men and women increased their capacity for interpretation of relief. If the increase among men (6.47) and women (5.87) are compared, a *p*-value=0.496 is obtained, that is to say, the difference is not significant.

In the 2014-15 academic year, another workshop was carried out on the representation of terrain [16] in which the same tool was used for measurement and the students from the second year of Engineering at the University of La Laguna again took part. At this workshop, a control group did the pre-test and the post-test at the same time as the participants but without having carried out any of the activities and it was verified that the people who did not take part in the

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
 REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
 THEORY AND  
 METHODS  
 Other

workshop, that is to say, who did not do any activity related with the interpretation of terrain did not experience any increase in their capacity for interpretation of relief ( $p$ -value = 0.199>0.01). In this way, it is possible to rule out any possible effect of remembering the test. Another group of students did the same exercises as in the workshop which is set out in this article, but only in the 2D version, that is to say, without using any 3D representational technology. The results showed a significant gain of 2.22 points in the TMA, less than the values obtained in the present workshop with 3D technologies (6,19).

In the satisfaction survey (Table 3) that the participants did, questions were raised to find out the impression of the students on the technologies used.

Satisfaction questionnaire			Technique of 3D representation				
			Average value (Standard deviation)				
			3D digital models		Tangible 3D models		
Likert scale: 1 totally disagree, 5 totally agree.			Augmented reality	3D Viewers	DTM printed in 3D	DTM in stacked layers	
Representation and interpretation of relief	Generic block	Q1	The DTMs in 3D are useful for understanding the basis of cartographic representation	3.94 (0.84)	3.66 (0.90)	4.38 (0.66)	4.34 (0.70)
		Q2	I interpret the forms of relief better with 3D representation than with 2D	3.66 (0.90)	3.66 (0.97)	3.91 (0.96)	4.34 (0.60)
	Specific block	Q3	With 3D representation, I understand the concept of the contour line better	3.72 (1.17)	3.56 (1.08)	3.91 (0.96)	4.38 (0.79)
		Q4	With 3D representation, I understand the concept of the fall line better	3.59 (1.04)	3.50 (0.98)	4.28 (0.68)	4.13 (0.79)
		Q5	With 3D representation, I understand the concept of ground contours better	3.81 (0.93)	3.69 (1.06)	4.03 (1.06)	3.84 (1.05)

Table 3  
 Results of the questionnaire

To estimate the reliability of the questionnaire, Cronbach's alpha is calculated. The value obtained is of 0.78 (values above 0.7 are sufficient to guarantee reliability).

The four ways of making 3D representations used in the workshop are highly valued by the students, with values over 3.5 in all cases, although higher values are obtained for the tangible models vis-à-vis the digital ones in all the questions asked. In relation with the questions of a generic nature, to assimilate basic concepts of topography and cartography (Q1), as well as for the interpretation of relief shapes (Q2), the students prefer tangible 3D models.

As regards the block of questions of a specific nature, so as to understand the concept of the contour line (Q3), the best-valued option is the DTM by stacked layers (4.38). This is logical, given that these models are made by superposition of stacked layers in which each layer represents a contour line. On the other hand, in order to understand the concepts of the fall line (Q4) and the ground contours (Q5) the results (4.28 and 4.03 respectively) show a preference for the models printed in 3D, the level of detail being greater in the reproduction.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

## 5. - CONCLUSIONS

3D technologies for the representation of the shapes of relief such as Augmented Reality, 3D viewers, digital models of terrain printed in 3D as well as digital models of terrain made by stacked layers develop the capacity to interpret relief. The participants in the workshop increased their capacity by 6.19 points, measured by the Topographic Map Assessment test working with these technologies. Using traditional 2D representations, previous experiments using the same measuring instrument with a group of students of the same level (2nd year of Engineering) showed a lesser improvement (2.22 points). This means that the 3D tools used are a good complement to traditional techniques of cartographic representation for the development of the ability to interpret relief in students. Although men show a greater gain (6.47 points) than women (5.87 points), this difference is not significant.

The results of the survey show a preference among students for tangible 3D technologies (digital models of terrain printed in 3D and digital models of terrain made with stacked layers) as opposed to digital ones (Augmented Reality and 3D Viewers) to understand the basic concepts of topography and cartography as well as for the interpretation of the shapes of relief. Digital models of terrain made with stacked layers are, for the students, the best tool to understand the concept of the contour line although it is the versions printed in 3D with which they best assimilate the concepts of the fall line and the longitudinal profile.

The price reduction in processes of digital fabrication, together with the use of free applications of three-dimensional modelling for the generation and visualisation of digital models of terrain in 3D makes possible the design and implementation of new strategies for teaching in geographical sciences in a setting of teaching-learning in accordance with what has been contemplated in the last six Horizon reports on outstanding technological trends for higher education.

## REFERENCES

- [1] Gobert, J. "The Effects of Different Learning Tasks on Model-Building in Plate Tectonics: Diagramming versus Explaining". *Journal of Geoscience Education*. 2005, Vol. 53-4, p. 444-455. DOI: <http://dx.doi.org/10.5408/1089-9995-53.4.444>
- [2] Madsen, L. M., y Rump, C. "Considerations of How to Study Learning Processes when Students use GIS as an Instrument for Developing Spatial Thinking Skills". *Journal of Geography in Higher Education*. 2012, Vol. 36-1, p. 97-116. DOI: [10.1080/03098265.2011.576336](https://doi.org/10.1080/03098265.2011.576336)
- [3] National research council. *Learning to Think Spatially*. Washington, DC: National Academy Press. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.17226/11019>
- [4] Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., et al. "The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies". *Psychological Bulletin*. 2013, Vol. 139-2, p. 352-402. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/a0028446>
- [5] Tulla, A., Busto, J. R., Gabilondo, A., et al. *Libro Blanco del Grado en Geografía y Ordenación del Territorio*. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). 2004. p.177-186.
- [6] Chueca, M., Salcedo, F., Ferrer, et al. *Libro blanco del Grado en Geomática y Topografía*, 118-148. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). 2004.
- [7] Lanca, M. "Three-Dimensional Representations of Contour Maps". *Contemporary Educational Psychology*, 1998, Vol. 23, p. 22-41. DOI: [10.1006/ceps.1998.0955](https://doi.org/10.1006/ceps.1998.0955)
- [8] Carter, G., Patrick, M., Wiebe, E. N., et al. "Middle grade students' interpretation of topographic maps". *Proceedings of NARST, Dallas, TX*. 2005
- [9] Carbonell, C., N. Martín-Dorta, J. L. Saorín Pérez, and J. De La Torre Cantero. "Specific Professional Skills Development for Engineering Studies: Spatial Orientation." *International Journal of Engineering Education*. 2015, Vol. 31 (1B), p. 316-322.
- [10] Alles, M. y Riggs, E.M. "Developing a process model for visual penetrative ability" en *Qualitative inquiry in geoscience education research* (Boulder, CO: Geological Society of America). Special Paper n° 474: 63-80. 2011. DOI: [http://dx.doi.org/10.1130/2011.2474\(06\)](http://dx.doi.org/10.1130/2011.2474(06))
- [11] Stieff, M. "Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities". *Journal of Research in Science Teaching*. 2011, Vol. 48:10, p. 1137-1158. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20438>
- [12] Ayala -Alvarez, F. J.; Blazquez-Parra, E. B.; Montes Tubio, F.. "Assessment of 3D Models Used in Contours Studies". *Universal Journal of Educational Research*. 2015, Vol. 3 (11), p. 877-890.
- [13] Atit, K., Gagnier, K. y Shipley, T. F. "Students' gestures Aid penetrative thinking". *Journal of Geoscience Education*. 2015, Vol. 63, p. 66-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.5408/14-008.1>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA





INTERPRETATION OF RELIEF: TECHNOLOGIES OF 3D  
REPRESENTATION FOR TEACHING

Carlos Carbonell-Carrera, José Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz

EDUCATIONAL  
THEORY AND  
METHODS  
Other

- [14] Newcombe, N., Weisberg, S.M., Atit, K., et al. "The Lay of the Land: Sensing and Representing Topography" en Jurgis Škilters, University of Latvia, Riga, Latvia (Ed.), *Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication*. 2015. Vol. 10, p. 1-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.4148/1944-3676.1099>
- [15] Bobrich, J. y Otto, S. "Augmented Maps". *Proceedings of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Commission IV, Symposium: Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, vol. XXXIV, Part 4*. 2002.
- [16] Carbonell C.C. y Bermejo, L.A. "Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking". *Cartography and Geographic Information Science*. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15230406.2016.1145556>.
- [17] Kesim, M., and Y. Ozarslan. "Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education." *Proceedings of Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER-2012)*, 297-302. North Cyprus. 2012.
- [18] Li, S., Chen, Y. y Whittinghill, D. "Exploring the potential for AR to motivate English vocabulary learning in Chinese college students". Paper presented at the 121st Annual Conference & Exposition, Indianapolis, IN. 2014.
- [19] Alcañiz, M., M. Contero, D. C. Perez-Lopez, and M. Ortega. *Augmented Reality Technology for Education. In New Achievements in Technology Education and Development*, edited by S. Soomro. New York: InTech. 2010.
- [20] Lee, S. H., Choi, J., y Park, J. "Interactive e-learning system using pattern recognition and AR". *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2009, Vol. 55, p. 883-890. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TCE.2009.5174470>
- [21] Kaufmann, H., y D. Schmalstieg. "Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality". *Computers & Graphics*, 2003. Vol 27-3, p. 339-345. DOI: [10.1016/S0097-8493\(03\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(03)00028-1)
- [22] Liarakapis, F., Mourkousis, N., White, M., et al. "Web 3D and AR to support engineering education". *World Transactions on Engineering and Technology Education*. 2004, Vol. 3-1, p. 11-14.
- [23] Andrade Lotero, L., Espitia Gómez, C., Huertas Franco, E. et al. "Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con sin Manipulación Física". *Psicología Educativa*. 2012, Vol 18-1, p-29-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.5093/ed2012a3>
- [24] Knoll, W. y Hechinger, M. *Maquetas de arquitectura. Técnicas y construcción*. Barcelona. Spain. Gustavo Gili S.A. Ed. 2005.
- [25] Pérez Carrión, T., Ferreiro Prieto, I., Pigem Boza, R., et al. "Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería". *Proceedings of the Ingegref XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. 2006. Barcelona. Spain. URI: <http://hdl.handle.net/10045/21685>
- [26] Canessa, E., Fonda, C., y Zennaro, M. "Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development". Trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics. 2013. Disponible en [http://web.archive.org/web/20150407185109/http://sdu.ictp.it/3d/book/Low-cost\\_3D\\_printing\\_screen.pdf](http://web.archive.org/web/20150407185109/http://sdu.ictp.it/3d/book/Low-cost_3D_printing_screen.pdf)
- [27] Unesco, (2015): *La Educación para Todos, 2000 - 2015. Logros y Desafíos*. París: UNESCO.
- [28] Institute of International Education. *Annual Report 2014*. U.S.A.: Institute of International Education. 2014.
- [29] OECD. *TALIS 2013 Results: An international perspective on Teaching and learning*. OECD publishing. Paris. 2014. DOI: [10.1787/9789264196261-en](https://doi.org/10.1787/9789264196261-en)
- [30] Johnson, L., Smith, R., Willis, H., et al. *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas, The new Media Consortium, 17-19. 2011. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>
- [31] Johnson, L., Adams, S., y Cummins, M. *NMC Horizon report: 2012 K-12 edition*. Austin, Texas: The new Media Consortium. 2012. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>
- [32] Johnson, L., Adams, S., y Cummins, M. et al. *NMC Horizon Report: 2013 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. 2013. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>
- [33] Johnson, L., Adams, S., Estrada, V. et al. *NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. 2014. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>
- [34] Johnson, L., Adams, S., Estrada, V. et al. *The NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. 2015. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>
- [35] Johnson, L., Adams, S., Estrada, V. et al. *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. 2016. Disponible en <http://www.nmc.org/nmc-horizon/>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 03

---

*Entornos gráficos 3D avanzados para la representación del relieve cartográfico*

**Dyna**

Volúmen 92, Número 3

BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2016):  
WOS (Web Of Science), JCR: 0,541

2017

.....

Carlos Carbonell Carrera

José Luis Saorín Pérez

Dámari Melián Díaz



Anexo I 36

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas



	Title20	Year	Country	ISSN	CATEGORY_DESCRIPTION	TOT_CITES
1	DYNA-BILBAO	2016	SPAIN	0012-7361	ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY	128
	Title20	IMPACT_FACTOR	Number of Journals in Category	ARTL_INFLUENCE	CATEGORY_RANKING	IMMEDIACY_INDEX
1	DYNA-BILBAO	0,541	N/D	0,055	Q4	0,127

Copyright 2018 Thomson Reuters®. Source : Journal Citation Reports  
Para cualquier uso derivado de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con [infowok@fecyt.es](mailto:infowok@fecyt.es)

Pag. 1 de 3

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

■ ■ ■ nota técnica

## Entornos gráficos 3D avanzados para la representación del relieve cartográfico

*Advanced 3D graphics environments for the representation of the cartographic relief*

■ ■ ■  
Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín-Pérez, Dámari Melián-Díaz  
Universidad de La Laguna (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8295>

Las habilidades espaciales figuran como competencia a adquirir en los planes de estudio de grados de Ingeniería adaptados al *Espacio Europeo de Educación Superior*, donde es frecuente el uso de mapas y representaciones cartográficas para el proyecto de obras de Ingeniería. Los mapas precisan de una percepción espacial por parte del usuario para interpretar tridimensionalmente lo representado. Las apariciones de nuevas tecnologías gráficas avanzadas ofrece una forma de interactuar con la representación del terreno que facilita el desarrollo de la capacidad de interpretación del relieve.

El propósito general de esta investigación ha sido el análisis del impacto que nuevas tecnologías de representación tridimensional tienen sobre la capacidad de interpretación del terreno en estudiantes de ingeniería. Para este objetivo se ha llevado a cabo un taller con estudiantes de ingeniería que trabajan con dos entornos de representación del relieve: digital y tangible, además de las representaciones convencionales en 2D (mapas). De este modo, un mismo modelo digital de terreno (MDT) se representa a través de técnicas digitales como la realidad aumentada y la visualización tridimensional y a través de representaciones tangibles como modelos impresos en 3D y generados por capas apiladas. El estudiante interactúa con el terreno representado por medio de gestos realizados con la propia mano, y visualiza el entorno geográfico de un proyecto aplicando giros, rotaciones, cambios de escala y de perspectiva, movimientos gestuales que le ayudan a resolver carencias en su percepción espacial y a desarrollar sus habilidades de interpretación cartográfica.

Estas tecnologías, además, son de bajo coste y con unos sencillos interfaces para el usuario, lo que permite su implantación en la docencia reglada. La realidad aumentada permite visualizar un modelo

digital de terreno enfocando con la cámara de un Smartphone una figura denominada marca, impresa en papel, que contiene la información digital del modelo representado. Los visualizadores 3D permiten la representación tridimensional de contenidos digitales, como las mallas tridimensionales que conforman un MDT. Existen un gran número de aplicaciones de acceso libre y gratuito de realidad aumentada y visualizadores 3D para Tablets y/o Smartphones (Android e iOS) además de las empleadas en este trabajo: AR-Media y 3D viewer.

Las representaciones tangibles tipo maqueta, ofrecen un entorno diferente de interacción con lo representado. Las impresoras 3D permiten la generación de modelos digitales de terreno partiendo de su formato digital a través de la adición de material. Los MDT impresos en 3D ofrecen una gran precisión, pero tienen limitaciones de tamaño de impresión, además de necesitar mucho tiempo para su impresión. Por otro lado, la generación de MDT a través de superposición de capas apiladas en las que cada una de ellas representa una curva de nivel se puede hacer desde aplicaciones gratuitas como *Autodesk 123 Make*.

Para el análisis del impacto de estas tecnologías se ha utilizado un test que ofrece una media cuantitativa de la capacidad de interpretación del relieve (*Topographic Map Assessment Test*), además de someter a los participantes a un cuestionario que recoge su percepción sobre las tecnologías empleadas, comparándolas con las representaciones tradicionales bidimensionales.

Los resultados obtenidos muestran que el valor medio de la capacidad de interpretación del terreno de los participantes medido con el *Topographic Map Assessment test* ha experimentado un aumento estadísticamente significativo de 6.19 puntos, y mayor que el obtenido empleando representaciones tradicionales en 2D (2,22 puntos). Por género la diferencia en la ganancia entre hombres (6,47) y mujeres (5,87) no es significativa. Por otro lado, los resultados del cuestionario muestran que las tecnologías empleadas son altamente consideradas por los estu-

diantes, mostrando una preferencia por los modelos tangibles frente a los digitales. Los participantes afirman que estas representaciones les ayudan a comprender los conceptos de curvas de nivel, línea de máxima pendiente y perfil longitudinal.

Las nuevas tecnologías gráficas avanzadas de representación tridimensional ofrecen, por tanto, un nuevo entorno docente que desarrolla la percepción espacial del futuro ingeniero. Como futuro trabajo, se propone el análisis del potencial de otra tecnología emergente de representación de entornos 3D: la realidad virtual, con la cual el usuario puede experimentar una sensación de inmersión que ofrece nuevas oportunidades para el estímulo de su percepción espacial.

### REFERENCIAS

CARBONELL-CARRERA, Carlos, SAORIN-PEREZ, Jose Luis, MELIA-DIAZ, Damari. RELIEF INTERPRETATION: LOW COST 3D REPRESENTATION TECHNOLOGIES FOR TEACHING. DYNA New Technologies, Enero-Diciembre 2017, vol. 4, no. 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8112>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 04

---

*STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education*

International Journal of Engineering Education. IJEE  
Volúmen 31, Número 3, pp. 805-813

BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2015):  
WOS (Web Of Science), SCI (Science Citation Index), JCR: 0,559

2015

.....

Jorge de la Torre Cantero

José Luis Saorín Pérez

Dámari Melián Díaz

Cecile Meier



Anexo I 39

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas



	Title20	CATEGORY_DESCRIPTION	Publisher
1	INT J ENG EDUC	ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION
2	INT J ENG EDUC	EDUCATION, SCIENTIFIC DISCIPLINES	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION

	Title20	TOT_CITES	IMPACT_FACTOR	Number of Journals in Category	ARTL_INFLUENCE	CATEGORY_RANKING
1	INT J ENG EDUC	916	0,559	N/D	0,085	Q3
2	INT J ENG EDUC	916	0,559	N/D	0,085	Q4

Copyright 2018 Thomson Reuters®. Source: Journal Citation Reports  
 Para cualquier uso dentro de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con [info@ull.es](mailto:info@ull.es)

Pag. 2 de 5

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

### STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education.

JORGE DE LA TORRE CANTERO,<sup>1</sup> JOSÉ LUÍS SAORÍN<sup>1</sup> PÉREZ, DÁMARI MELIÁN<sup>2</sup>,  
CECILE MEIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineering Graphic Area. Universidad de La Laguna. Avenida Ángel Guimerá Jorge s/n. 38204, La Laguna. Tenerife. Islas Canarias. Spain., [jlsaorin@ull.es](mailto:jlsaorin@ull.es), [jcantero@ull.es](mailto:jcantero@ull.es).

<sup>2</sup>Faculty of Education [damarimd@gmail.com](mailto:damarimd@gmail.com), [cecilemeier023@gmail.com](mailto:cecilemeier023@gmail.com).

#### Abstract

The current higher education curriculum is designed based on the acquisition of skills. In engineering degrees at Spanish Universities, the improvement of spatial skill is a basic competence to develop together with other general ones such as the ability to make a decision, teamwork, creativity and so on. There is much research work related to the improvement of spatial skills in engineering but the same does not happen with the incorporation of artistic and creative aspects, for instance teaching methodology. In La Laguna University, all along the 2013/2014 academic year in the subject First Year Engineering Graphics Studies, a workshop on creative tridimensional modelling (Stella 3D) has been carried out. Its objective is to improve the spatial skill competence which uses traditional concepts of normalised views. The above-mentioned workshop starts from a pictorial work of art by Frank Stella that will be used as a normalised view from which we will be able to generate different tridimensional solutions. Before and after carrying out the experience, aspects such as spatial skill, knowledge about normalised views and students' opinion about creativity in engineering are measured. The obtained results show us that Stella 3D workshop may be a creative tool which does not only help to improve knowledge but also develops competences such as spatial skill and creativity.

#### Keywords

Creativity; spatial ability; 3D Modeling; STEM Education;

#### 1. Introduction

The current higher education curriculum is designed based on the acquisition of skills. The European Commission defines the term "competence" as the proved capacity to use knowledge and skills. Knowledge is the result of the assimilation of information which takes place all along the process of learning. Skill is the ability to apply knowledge and to use techniques in order to complete different tasks and to solve problems. According to the swiss sociologist Ph. Perrenoud [1], competences allow to face a complex situation, to build a suitable answer. As a result, the student will be able to produce an answer which has not been previously learnt.

One competence contemplated in engineering studies is spatial vision ability. This competence is also considered by several authors as fundamental for performing engineering duties [2, 3]. There is much research aimed at improving and measuring spatial abilities [4]. Solving problems creatively is other generic skill that appears in engineering degrees. The definition and classification of competences in the European Space for Higher Education is based on the Tuning project [5]. This project includes, as a generic competence, the ability to generate new ideas (creativity) and in spanish universities is listed in the White Papers of Engineering Degrees [6]. The importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach [7].

Furthermore, institutions such as The National Academy of Engineering in the U.S.A. in its strategic report The Engineer of 2020 [8, 9], says that Humanities and Social Sciences, Communication and Presentation skills are more, or at least as, important as the technical knowledge for a professional engineer. Precisely, in this particular report, it is said, "It is appropriate that engineers are educated to understand and appreciate history, philosophy, culture, and the arts, along with the creative elements of all these disciplines".

Due to this, schools should not continue teaching isolated disciplines, but move forward towards a Human-Centered Education. Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) should include Art and Design to favor creativity alongside with reasoning and therefore, tend to a new acronym to make

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

STEAM (“A” is for Arts and Design). This new concept emphasizes the long term thought for professionals of engineering because it takes into account the fact that the world has moved onto a phase of continuous change where they have to be constantly adapting to new working realities [10].

It has been a traditional thought, that studies of Humanities and Fine Arts were considered important for engineering students because they made them more complete people. That is, Arts were understood as a complement for an engineer, as a way to balance those very technical studies with disciplines, which were far away from such a deductive approach. However, nowadays it is beginning to be accepted that Liberal and Fine Arts do not only get more balanced people, but also better engineers. This is so because the previously mentioned disciplines work with ambiguity and with those inductive methods that were not used traditionally in technical studies. This holistic approach of learning allows the possibility to face with more guarantees, a world where deduction is not always the most appropriate intellectual tool because everything is changing so much and new objects have to be created. It is important to remember that engineering, in essence, is an act of creation and creation is always the expression of imagination [11].

In this paper, we aim at exploring the use of creative approaches for the development of spatial skills. Section 2 presents the background of different experiences of including creativity and tools for developing spatial skills in engineering studies. Section 3 describes the Stella 3D workshop. Section 4 describes the experience carried on with first year engineering graphic course students. Finally, in sections 5 and 6, the workshop will be validated both in the acquisition of knowledge and in the improvement of competences such as spatial skills and creativity.

## 2. Background

On one hand, as we have indicated, the importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach [7]. For example, in year 2009, the Massachusetts Institute of Technology (MIT) employed the writer Junot Diaz, 2008 Pulitzer Prize for Literature, to teach creativity to engineers [12]. Experience showed that although initially, some students thought that the experience was ridiculous, at the end of the semester they defended the importance of the arts in their learning as engineers. In 2010, Syracuse University gave a seminar that brought together architecture and structural engineering students. The main objective of the overall project was to find strategies to promote and reward creativity in engineering students. It was demonstrated that although engineering students initially expressed frustration with the open-ended assignments, at the end of the project, they began to show interest in achieving aesthetic results [13].

From 2011 to 2013, engineering undergraduates from the Valparaiso University College of Engineering (Valparaiso, Indiana, USA) participated in a four-day off-site course focused on creativity. They use pre- and postcourse surveys to measure some parameters about the students' understanding of the roles of creativity in engineering studies [14]. In 2014, the University of Alabama, USA, conducted an experience introducing creativity in freshman students of electrical and computer engineering studies [15]. The goal of this project was to be conscious of creativity in the design process and to think about problems in an open-ended manner. Students perceive exercises difficult but motivating and therefore showed greater involvement in engineering studies from the first year.

On the other hand, over the last half century, spatial abilities have received increased recognition and, despite the fact that they have received less attention than verbal and numeric abilities, the research accentuates their importance in the traditional fields of engineering, technology and art, as well as in almost every other aspect of life. The spatial abilities remain an active field of study as they have repercussions over almost every scientific and technical field, especially in the engineering area. As a component of intelligence throughout history, the spatial ability is the ability of manipulating objects and their parts mentally in a two-dimensional and three-dimensional space. From the quantification point of view, we can define it as the ability to imagine rotations of 2D and 3D objects as a whole body (Spatial Relations) and the ability to imagine rotations of objects or their parts in 3D spatial by folding and unfolding (Spatial Visualization) [16].

Some authors have based their work on the hypothesis that spatial abilities can be improved if the right tools are used; i.e. ones that facilitate an understanding of the concepts and the relations between two and three-dimensional representations. The appearance of new technologies has meant that, since the mid nineties, several different research groups have suggested novel tools for improving spatial abilities.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Because of the breadth of their research and their continuity, it is worth highlighting the work led by Sheryl A. Sorby, in the Michigan Technological University (MTU). As a result of over ten years of research, she has published a ten module manual to improve 3D spatial visualisation [17]. This allows students to work with isometric exercises by building standardised orthogonal views, cross sections, rotations, etc. with blocks. Apart from the text book, this publication comes with a flash based technology CD-ROM to complement the hard copy. This application offers interactive effects, creating the experience of a computer game for students.

At the University of Pennsylvania, Hollyday-Darr, Blasko & Dwyer (2000) created “Visualisation Assessment and Training Program” [18]. This tool allows us to evaluate three components of spatial abilities: mental rotation, spatial visualisation and spatial perception. tested the efficiency of this material in a comparative study in 2006. Some years later, these authors also developed and validated a new tool for improving mental rotation ability [19].

Conolly & Maicher (2005) from Purdue University, developed “Multiview Drawing”, an interactive tutorial for beginners in the world of orthographic view drawing [20]. Given an isometric view of a piece, the programme enables students to draw a view and automatically correct the final result. Illuminations is a website that was created by the United States National Council of Teachers of Mathematics and the Marco Polo Foundation [21]. The site includes the “Isometric Drawing Tool”, an interactive applet that allows you to dynamically create isometric drawings on a template of dots.

Since 2004, the Development of Spatial Skills Research Group (DEHAES) at La Laguna University in Spain has made several workshops and tools focusing on the development of spatial abilities in engineering students [22]. These tools, ease the understanding of the concepts and the relations between two and three-dimensional representations. Nevertheless, creative aspects had not been included within their research work up to now.

All these workshops and tools have been implemented in the subject of Engineering Graphics, due to the fact that it is a subject whose contents and activities have been traditionally used to develop students’ spatial skills. One of the working guidelines is based on the use of commercial software, easy to implement and low cost, for 3D modeling, that is SketchUp [23]. All along the academic year 2006-2007, a course based on the use of this software was carried out as an experience on engineering studies. A new methodology was proposed to support the development of spatial relationships where students could create from normalized views, 3D models that would help them not only to learn basic concepts of drawing in engineering but also to develop their spatial vision and to get used to Computer Aided Design (CAD) programs.

This workshop has undergone several improvements lately, among them, the possibility to classify exercises according to the level of difficulty, to personalize the working template and to create a web site [24] where it is offered to our students a wide range of exercises. This workshop was not only validated as a tool for developing spatial abilities [25], but also was validated for learning normalized views [26]. That is the reason why a decision was taken, to move this experience to Fine Arts. This decision is logical if we take into account that one of the subject that is taught in those studies is Graphic Projections, where among many other contents, multi-view orthogonal projections of tridimensional objects were studied. Therefore, during the Academic year 2010-2011, the same workshop was carried out on that subject and we may say that the results and the acceptance on behalf of the students of Fine Arts was quite favorable [26].

It is important to point out that the 3D workshop has been thought from the point of view of orthogonal projections where each exercise usually has just one solution. The process of 3D modeling allows students to explore their own way so as to find a solution, but the fact that it has only one, limits their own creativity. In an artistic environment, problems with a single solution are not the most common ones, because exercises, in general, are more open and let students explore multiple options, being all of them correct.

### 3. Stella 3D workshop description

Although creativity has not just a single definition, there is general agreement that, whatever it is that we mean by creativity, it involves gathering things (words, images, ...) in a novel way. There is also

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

consensus that some types of creativity, involve the ability of divergent thinking (generating multiple solutions to a problem), as opposed to convergent thinking (one solution) [7].

To complement this creative aspect, we decided to develop a new workshop on 3D modeling, using the same program (SketchUp with personalized templates), to carry out the understanding of the tridimensional space from the view of Fine Arts studies. The above-mentioned workshop was called Stella 3D because it is based on the series of paintings named "Irregular Polygons" by the American artist Frank Stella (Figure 1) made up of 11 works of art, gathered in four chromatic variants. (I,II,III,IV). The workshop was carried out with Fine Arts students during the academic year 2011-2012. The aim of the workshop was to build a three-dimensional volume starting from a two-dimensional shape (Frank Stella paintings). To carry out the activity, students used their knowledge of graphical projections and descriptive geometry such as parallel projection and conic perspective.

Figure 1. Frank Stella painting Chocorua IV 1966, Fluorescent alkyd and epoxy paints on canvas

The use of SketchUp allows the possibility to create volumes without almost any learning. To facilitate the achievement of activities, two templates were designed for each of the eleven paintings corresponding to the afore-mentioned series "Irregular polygons". One of the templates was designed as an option to work with the painting as a top view of a 3D object and the other one as a front view. Within the templates, besides having as a reference the painting chosen by the student, there is also a working 3D grid to be used as an auxiliary element in the creation of the volume. The template allows different views of the work under different points of view (axonometric and conic) and visual styles (outlines, charcoal, edges...). Despite the fact that we start from the same statement, in which we are obliged to keep the original Stella painting by in a normalized orthogonal view, each student proposes a different tridimensional solution.

These templates are available on webpage: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com). This settings developed by Research Group DEHAES at University of La Laguna, has several multi-platform, multi-support and multi-format resources intended for the teaching of analysis forms and its representation. Among the contents there is a line of creative workshop with open solution exercises. Within these we find Stella 3D workshop.

Figure 2. Frank Stella paintings in web site: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)

Once we checked the efficacy of the workshop with Fine Arts students [26], we decided to use this more creative workshop in engineering settings. The subject of Engineering Drawings, where concepts of normalized orthogonal views associated to a 3D model have to be learnt, permits the possibility to include this new focus without any difficulty. Students do not need artistic knowledge, but the fact that the exercise uses the paintings of an artist and the fact that the activity has different solutions means a step forward towards the introduction of art and creativity in students of engineering.

#### 4. Methods and Materials

##### 4.1 Participants

The sample of this study is composed of 104 students from engineering degrees belonging to La Laguna University. The study was conducted during the 2013-2014 academic year in two different semesters in the context of Engineering Graphics courses. In the first semester 61 students from electronic engineering studies made the creative workshop to check that the material and the process were correct. This group only fills out a pre and a post questionnaire about creativity. In the second semester, 43 students from agricultural engineering did the workshop. Spatial ability, knowledge of standard views and the same questionnaire about creativity were measured before and after performing the experience.

##### 4.2 Measurement Tools

###### *Spatial Abilities*

There are a large number of tests available for measuring spatial abilities [27]. In this paper we chose two tests, the Mental Rotation Test (MRT) for spatial relations [28] and the Differential Aptitude Test: Spatial Relations Subset (DAT: SR) for spatial visualisation [29].

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



#### *Questionnaire on creativity and engineering*

There are several tools to measure creativity [30], but since the objective of the workshop is only to incorporate aspects of divergent thinking in problem solving, this paper has not measured creativity. Therefore, for data analysis two questionnaires were used.

Before carrying out the experience, a survey questionnaire of five items was taken to know the students' opinion, their self-view on creative aspects and on the importance of creativity for the work of an engineer. With this survey we try to have a previous image about the importance that students of engineering pay to creative aspect of their learning without being influenced by the fulfillment of the workshop. The survey is based on a Likert scale from 1 to 5.

After the experience a second questionnaire of five items was taken to check the student's opinion about the creativity aspects of the Stella 3D workshop. The survey is also based on a Likert scale from 1 to 5.

#### *Measurement of learning*

In order to measure the knowledge of participants in orthogonal views, the chosen exercises were two, belonging to the Spanish University admission exams. These exercises were chosen because it is a standard for all the students that enter in engineering studies. There were two types of exercises. The first one was an isometric perspective which students should draw their matching orthogonal views, meanwhile, the second one was the opposite, from the orthogonal views students must draw the isometric perspective.

#### 4.3 Instruction

##### *1<sup>st</sup> phase: First fourth-month*

During the first fourth-month period, the experience was carried out in Electronic Engineering. It consisted of a two-hour session in a classroom with 50 computers where the SketchUp version 8 had been installed. The template, which was going to be used for the experience was available in the website: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com). To put into effect this experience and with the purpose of simplifying the instructions, all the students were given the same template 01\_chocorua\_IV\_planta.skp. An opinion survey about creativity was done after and before the session.

##### *2<sup>nd</sup> Phase: Second fourth-month*

During the second fourth-month period, the experience was carried out with students from Agricultural Engineering. This time it consisted of four sessions of two hours each. Spatial ability, knowledge of standard views and the same questionnaire about creativity were measured before and after performing the experience, so as not to interfere with the development of the sessions. The templates for the experience were available in the aforementioned website: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com). Each student had to choose one among eleven available templates (Figure 3).

Figure 3. Chocorua IV, template for Stella 3D exercise.

The first session was used to explain the objective of the activity. To do that, a solution was modelled in class with the template 01\_chocorua IV as an example. Apart from the explanation in the classroom, four video tutorials were provided to help students carry out the activity. Students developed the workshop all along the other three sessions using their own laptops.

Every student has to model four different proposals for their template. The proposals have to fulfill the requirements of the workshop. That is to say, the top view of the 3d model that has been created remains the picture by Frank Stella from their template. Each solution has to follow a different design criterion. The first one was based on geometrical elements with all the upper sides being horizontal; the second one had to have all the upper sides inclined; the third one with all the upper sides curved and the fourth had to be a combination of the three previous ones. In Figure 4 one of the templates and the suggested solutions can be seen.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Figure 4. Four suggested solutions using Chocorua IV Template

Many students made proposals incorporating lateral perforations, thereby achieving visually striking Solutions (Figure 5).

Figure 5. Creative proposal from Sanborville III Template

#### 4.4 Hypothesis

Work hypothesis set is the following:

- 1.- Stella 3D workshop is a valid tool which aims at spatial abilities improvement.
- 2.- Stella 3D workshop is a valid tool for improving knowledge in normalised views.
- 3.- Stella 3D workshop allows to stimulate creativity in the form of different solutions.

For validating hypothesis 1 a null hypothesis (H0) is set so assumption will be validated or not through statistical inference methods. For validating Hypothesis 2 the results of exercises of Spanish University admission exams will be used. For hypothesis 3 all data from satisfaction surveys completed by participants at the end of the workshop are added.

#### 5. Main results.

After conducting experience the following results are obtained

##### 5.1 Spatial Abilities

Table 1 shows the scores mean obtained by students prior to workshop (pre) and after it (post) as well as average gains for Mental Rotation Test (MRT) and Differential Aptitude Test: Spatial Relations Subset (DAT5-SR).

Table 1. Results in spatial skills

For statistical analysis we use the *t*-student variable (Student's *t*-test), starting from null hypothesis (H0): mean values of spatial abilities have not changed after training. *t*-Student test is applied for paired series getting the *p*-values representing probability that this hypothesis is true. For MRT  $p = 2,97 \text{ E-}12 < 0,001$  and for DAT5-SR  $p = 4,87 \text{ E-}12 < 0,001$

It is shown that significance level never reaches 1% , so null hypothesis is rejected in all cases and we can state, with a significance level above 99.9% that average variation of studied group has increased. So, workshop has a clear effect on the average value of the spatial abilities measured from those who underwent training through the Stella 3D workshop.

From statistical analysis we may conclude that spatial skills experience a significant average increase of 7,35 points for the MRT test and 7,18 points in the case of DAT5-SR. This increase is similar to that obtained with the 3D modeling workshop that served as precedent [25].

##### 5.2 Learning Results

Taking as a measure of the percent correct exercises, the results can be seen in Table 2.

Table 2. Values in improving learning

For statistical analysis we use the *t*-student variable (Student's *t*-test), starting from null hypothesis (H0): mean values of spatial abilities have not changed after training. *t*-Student test is applied for paired series getting the *p*-values representing probability that this hypothesis is true. For Orthogonal views exercise  $p = 8,23 \text{ E-}7 < 0,001$  and for Perspective exercise  $p = 2,91 \text{ E-}4 < 0,001$

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

It is shown that significance level never reaches 1% , so null hypothesis is rejected in all cases and we can state, with a significance level above 99.9% that average variation of studied group has increased. So, workshop has a clear effect on the average value of learning results measured from those who underwent training through the Stella 3D workshop.

From statistical analysis we may conclude that learning results experience a significant average increase of 52,70 points for correct results in orthogonal views exercises and 45,40 points for correct results in perspective exercises. This increase is similar to that obtained with the 3D modeling workshop that served as precedent [26].

### 5.3 Creativity Questionnaire

Creativity questionnaire provides some relevant data about studied variables (Table 3):

Table 3. Creativity Questionnaire

## 6. Conclusions and future issues

As a general conclusion about the 3D Stella Workshop designed, we can see that starting from the pictorial work of art by Frank Stella (Irregular Polygons), we managed to teach traditional contents of normalized views. Besides, competences have been included in it, the capacity to produce or generate new ideas (Creativity) and the spatial skill, both of them included in Engineering Degrees studies.

From this experience, the following conclusions can be drawn:

1. In regard to the improvement of spatial skills, the Stella 3D creative workshop allows students to improve those abilities. The obtained results are statistically significant for the MRT ( $p = 2,97 \cdot 10^{-12} < 0,001$ ) as well as the DAT ( $p = 4,87 \cdot 10^{-12} < 0,001$ ) and are in the same line as previous experiences using other workshops.
2. Regarding the improvement of learning of normalized views, the 3D Stella workshop allows students to improve in a very significant way (from 16% to 71% in Orthogonal views exercise and from 7% to 54,6% in perspective exercise). The obtained results are also in line with previous experiences using other workshops.
3. Students think creativity is important for the work of an engineer (4.67 and 4.53 out of 5). They do not consider themselves as very creative people (3.48 and 3.40 out of 5) but they consider that creativity can be developed (4.26 and 4.08 out of 5).
4. Concerning professional issues, students think that creative people have more opportunities in the workplace (3.95 and 3.71 out of 5).
5. On the one hand, the 3D Stella Workshop is perceived as a useful tool to develop creativity (3,87 and 4,12 out of 5); on the other hand, students observe that these activities can help them improve specific competences for an engineer such as spatial skill (3,75 and 3,79 out of 5) and may also make them improve the learning of normalized views (3.85 and 4.26 out 5).

Once analyzed the results obtained in this first experience, we aim at including these creative aspects of the Stella 3D Workshop in other exercises corresponding to the subject of Engineering Graphic course.

## 7. References

1. Perrenoud, P., *Dix nouvelles compétences pour enseigner Invitation au voyage* (5e éd.). París: ESF, 2006.
2. Adánez, G., & Velasco, A., Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal for Geometry and Graphics* , 6 (1), 2002, pp. 99-109.
3. Ferguson, E., *Engineering and the Mind's Eye*. MIT Press, 1992.
4. Saorín, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., & Contero, M., La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria* , 84 (9), 2009, pp. 721-732.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

5. Tuning Project, *Competences*. From Tuning. Educational Structures in Europe, <http://www.unideusto.org/tuningeu/home.html>, Accessed 24 February 2014.
6. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, *Libros Blancos*, <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Otros-documentos-de-interes/Libros-Blancos>, Accessed 24 February 2014.
7. Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J., Teaching Creativity in Engineering. *International Journal of Engineering Education* , 20 (5), 2004, pp. 801-808.
8. National Academy of Engineering., *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington: The National Academies Press, 2004.
9. National Academy of Engineering., *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington: The National Academies Press, 2005.
10. Boy, G. A., From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. *Proceeding of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics*. (p. Art. N° 3). New York: ECCE, 2013.
11. Shuster, M. D., The Arts and Engineering. *IEEE Control Systems Magazine* , 2008, pp. 96-98.
12. Dempsey, P. (2009). Junot Diaz: teaching creativity to engineers at MIT. *Engineering and Technology Magazine* , 4 (19).
13. Mac Namara, S., Olsen, C., Steinberg, L., & Clemence, S. (2010). Inspiring innovation. *Proceedings of the Annual ASEE Conference*.
14. Khorbotly, S., & Budnik, M. M. (2014). Creative Engineering for 2020. *Systemics, Cybernetics and Informatics* , 12 (1).
15. Burkett, S. L., Kotru, S., Lusth, J., McCallum, D., & Dunlap, S. (2014). Introducing Creativity In A Design Laboratory For A Freshman Level Electrical And Computer Engineering Course. *American Journal of Engineering Education* , 5 (1).
16. Saorín, J., *Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales*. PhD Thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Gráfica, 2006.
17. Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2003). *Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach*. Clifton Park, NY: Thomson: Delmar Learning.
18. Hollyday-Darr, K., Blasko, D. G., & Dwyer, C. (2000). Improving cognitive visualization with a web based interactive assessment and training program. *Engineering Design Graphics Journal*, 64 (1), 4-9.
19. Rafi, A., & Samsudin, K. (2009). Practising mental rotation using interactive Desktop Mental Rotation Trainer (iDeMRT). *British Journal of Educational Technology*, 40, 889-900.
20. Connolly, P., & Maicher, K. (2005). The developing and testing of an interactive web-based tutorial for ortographic drawing instruction and visualization enhancement. *ASEE Annual conference & exposition*.
21. National Council of Teachers of Mathematics, 2000. *Illuminations*, <http://illuminations.nctm.org/Activity.aspx?id=4182>, Accessed 20 February 2014.
22. Martín Dorta, N., Sánchez Berriel, I., Bravo, M., Hernández, J., Saorín, J. L., & Contero, M. (2013). Virtual Blocks: a serious game for spatial ability improvement on mobile devices. (S. S. US, Ed.) *Multimedia Tools and Applications* , 2013, pp. 1-21.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

23. Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Contero, M., Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education* , 97 (4), 2008, pp. 505-513.
24. de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Martín Dorta, N., & Carbonell Carrera, C., Anfore 3D. Análisis de las Formas y su Representación, <http://www.anfore3d.com/#!fases-del-taller-3d/c161y>, Accessed 20 February 2014.
25. González, A. M., Carbonell Carrera, C., Saorín, J. L., & de la Torre Cantero, J., 3D Modeleing for competences development of new degrees within the field of maritime. *Journal of Maritime Research (JMR)* , 8 (3), 2011, pp. 71-85.
26. de la Torre Cantero, J., *Aplicación de Tecnologías Gráficas Avanzadas como elemento de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas*. Valencia: UPV, 2013.
27. Linn, M., & Petersen, A., Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development.* , 56 (6), 1985, pp.1479-1498.
28. Vandenberg, S., & Kuse, A., Mental Rotations: A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualisation. *Perceptual and Motor Skills* , 47 (6), 1978, pp. 599-604.
29. Bennett, G., Seashore, H., & Wesman, A., *Differential Aptitude Test*. Madrid: TEA ediciones S.A., 2007.
30. Batey, M., The Measurement of Creativity: From Definitional Consensus to the Introduction of a New Heuristic Framework, *Creativity Research Journal* , 24 (1), 2012, pp. 55-65.

Tables and figures

	N	Pre-test (s.d.)	Post-test (s.d.)	Gain (s.d.)
MRT (0-40)	43	17.19 (8.50)	24.63 (8.54)	7.84 (5.98)
DAT5-SR (0-50)	43	27.56 (8.45)	34.74 (9.27)	7.18 (4.95)

s.d. Standard deviation

Table 1. Results in spatial skills

	N	Orthogonal views exercise (Correct answers %)	Perspective exercise (Correct answers %)
Pre Test	43	16.27 %	6.98 %
Post Test	43	71.43 %	54.76%

Table 2. Values in improving learning

Previous Questionnaire	Results (1-5)	
	1 <sup>st</sup> Phase: First fourth-month	2 <sup>nd</sup> Phase: Second fourth-month
	Elect. (N=61)	Agric. (N=43)
1. I consider myself a creative person	3.48	3.40
2. I like problems that allow multiple solutions	3.85	3.08
3. Creativity is important for the work of the engineer	4.67	4.53

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

4. Creativity can be developed	4.26	4.08
5. Creative people have more opportunities in the workplace	3.95	3.71
<b>Subsequent Questionnaire</b>	<b>Elect. (N=61)</b>	<b>Agric.( N=43)</b>
1. Stella 3D Workshop Proposals allow develop my creativity	3.87	4.12
2. I found it easy to find several different proposals to the workshop exercises Stella 3D	3.42	3.53
3. Stella 3D Workshop Exercises improve my spatial skills	3.75	3.79
4. Stella 3D Workshop exercises help me to improve my knowledge of standardized views	3.85	4.26
5. The use of colors helps me improve spatial comprehension exercises	3.87	4.00

Table 3. Creativity Questionnaire

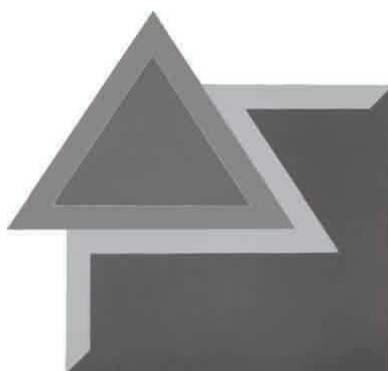


Figure 1. Frank Stella painting Chocorua IV 1966, Fluorescent alkyd and epoxy paints on canvas

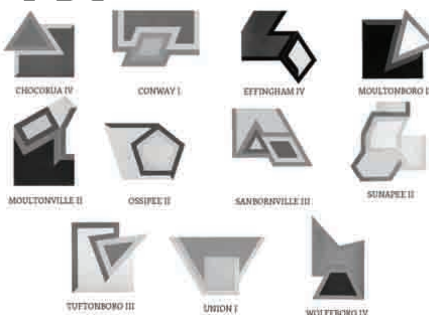


Figure 2. Frank Stella paintings in web site: www.anfore3d.com

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

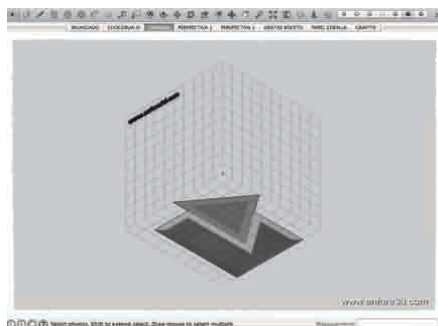


Figure 3. Chocorua IV, template for Stella 3D exercise.

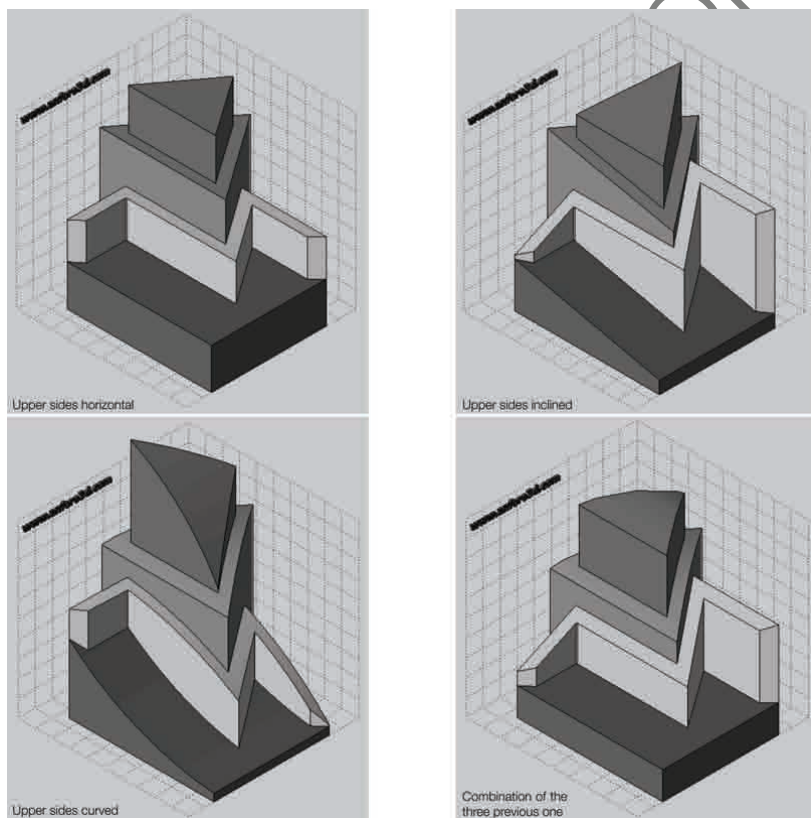


Figure 4. Four suggested solutions using Chocorua IV Template

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



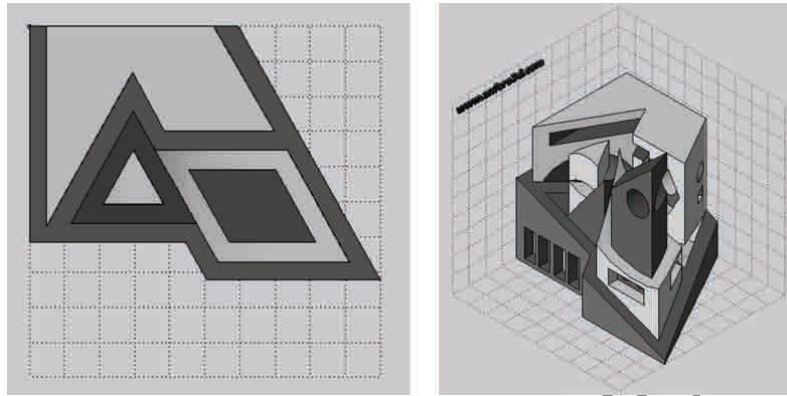


Figure 5. Creative proposal from Sanborville III Template

#### Author's short Biography

Jorge de la Torre Cantero is an Associate of Engineering Graphics and CAD at La Laguna University (ULL) from 2003. He earned an MSc degree in Building Engineering in 1992 from ULL and Master in Governance for Sustainable Development: Planning, Environmental Management and Assessment in 2010. Ph.D. in Industrial Engineering in 2013 from Polytechnic University of Valencia. His research interests include development of spatial abilities and the use of advanced technologies and its implementation in various educational levels.

José Luis Saorín is an Assistant Professor of Engineering Graphics and CAD at La Laguna University (ULL). He earned an MS degree in Energy Engineering in 1991, and a Ph.D. in Industrial Engineering in 2006 from Polytechnic University of Valencia. He worked for private companies from 1992, as a project engineer in water supply systems. He joined La Laguna University in 2001 and his research interests include development of spatial abilities and the use of advanced technologies for learning and teaching drawing.

Cecile Meier is a Phd Student Faculty of Education at La Laguna University (ULL), where she also did a teacher master's degree in 2013. She finished Art University in 2011, and Master in Graphic Design in 2012 at University of Valencia (UPV).

Damari Melián Díaz is a Phd Student Faculty of Education at La Laguna University (ULL), she graduated in Architecture from the University of Las Palmas de Gran Canaria in 2011. She earned a Master degree in teacher training in 2013.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## PUBLICACIÓN Nº: 05

---

*Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering  
Drawing Subject*

**Interaction Design and Architecture(s) Journal. IxD&A**  
Número 34, pp. 30-42

BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2017):  
**SCOPUS, SJR: 0,199**

2017

.....

Dámari Melián Díaz  
José Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero  
Manuel Drago Díaz Alemán



Anexo I 53

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

2018

Interaction Design and Architecture(s)

also developed by scimago:  SCIMAGO INSTITUTIONS RANKINGS


**SJR**


Scimago Journal & Country Rank

Enter Journal Title, ISSN or Publisher Name

[Home](#) [Journal Rankings](#) [Country Rankings](#) [Viz Tools](#) [Help](#) [About Us](#)

## Interaction Design and Architecture(s)

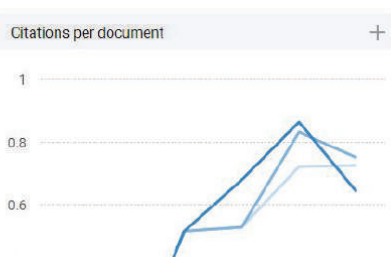
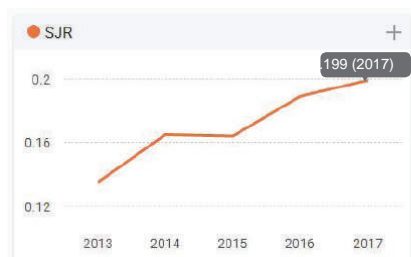
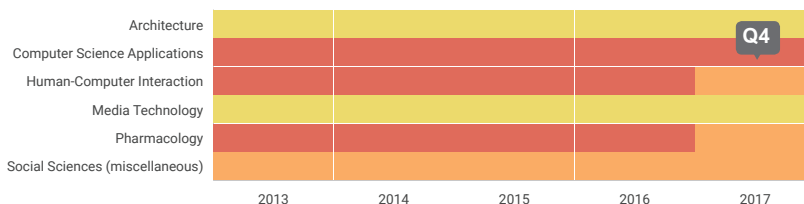
<b>Country</b>	Italy -  <a href="#">SJR Ranking of Italy</a>
<b>Subject Area and Category</b>	<a href="#">Computer Science</a> <a href="#">Computer Science Applications</a> <a href="#">Human-Computer Interaction</a>  <a href="#">Engineering</a> <a href="#">Architecture</a> <a href="#">Media Technology</a>  <a href="#">Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics</a> <a href="#">Pharmacology</a>  <a href="#">Social Sciences</a> <a href="#">Social Sciences (miscellaneous)</a>
<b>Publisher</b>	Scuola IaD
<b>Publication type</b>	Journals
<b>ISSN</b>	18269745, 22832998
<b>Coverage</b>	2015-ongoing

 [Join the conversation about this journal](#)

# 7

H Index

Quartiles



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

## Tangible 3D Printed Workshop for introducing Art and Creativity in Engineering Drawing Subject.

Dámari Melian<sup>1</sup>, Jose Luis Saorin<sup>1</sup>, Jorge de La Torre-Cantero<sup>1</sup>, Drago Diaz<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de La Laguna, C/ Molino de Agua s/n 38204, San Cristóbal de La Laguna, España

<sup>2</sup> Facultad de Humanidades, Universidad de La Laguna, C/ Molino de Agua s/n 38204, San Cristóbal de La Laguna, España  
{dmeliand, jlsaorin, jcantero, madradi}@ull.edu.es

**Abstract.** In studies of engineering, creative competence is becoming more and more important. In order to develop this ability, a three-dimensional modelling workshop called STELLA 3D was designed in collaboration with teachers from fine arts studies, based on the pictorial work of Frank Stella. In this article, a tangible version of this workshop is presented, printed in 3D, which was tested during the 2016-2017 academic year by 31 students in the First Year of Engineering at the University of La Laguna. The data obtained from the experimental group show that the students have increased their creativity values in comparison with the Pre-test, going from a score of 93,8 to 132,0. The resource developed in this work includes QR codes, which enable digital files of the pieces for 3D printing to be downloaded, and makes it possible to replace them in case of loss or breakage.

**Keywords:** Creativity, Art, Space Skills, Standardized Views

### 1 Introduction

In the subject of Graphic Drawing in Engineering, one of the content to study is the relationship between three-dimensional objects and their standardised views in two dimensions. For the learning of subjects related with concepts of a three-dimensional nature, the use of traditional teaching resources in 2D such as books, plans or drawings may be insufficient for the spatial understanding of the students, which requires them to imagine objects with different orientations, to handle three-dimensional models and mentally transfer drawings between representations in two and three dimensions.

For this reason, in educational environments, the use of tangible objects or models as a complementary teaching resource is normal and there are authors who indicate the model as a teaching element of the first order [1]. In engineering and architecture, it is common to use models, in geography, relief maps are used, in engineering drawing metallic pieces which can be handled are used and in artistic studies it is normal to use three-dimensional replicas of sculptural works, to name just a few

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

examples in higher education at university level. In pre-university teaching, it is also usual for students to make their own models as just one more step in the learning process [2].

The use of these tangible models presents certain drawbacks such as the price, breakages, loss, difficulty of movement, storage, access, etc. These factors place limits on the use of a wide variety of tangible models as learning objects. The lack of access to the tangible objects is especially evident in online education.

In order to solve these problems, the use of 3D digital models is a feasible option, as they are easily accessible from ICT resources such as the Smartphone, tablets or computers, and they also make three-dimensional handling similar to the tangible model possible. However, Álvarez [1] makes the importance of models as an educational resource clear. In this sense, the lowering of prices in digital manufacturing technologies such as 3D printers makes it more and more possible to add tangible learning objects to standard formal teaching.

In addition, the current higher education curriculum is designed based on the acquisition of skills. The European Commission defines the term "competence" as the proved capacity to use knowledge and skills. Knowledge is the result of the assimilation of information which takes place all along the process of learning. Skill is the ability to apply knowledge and to use techniques in order to complete different tasks and to solve problems. According to the swiss sociologist Ph. Perrenoud [3], competences allow to face a complex situation, to build a suitable answer. As a result, the student will be able to produce an answer which has not been previously learnt.

Solving problems creatively is a generic skill that appears in engineering degrees. The definition and classification of competences in the European Space for Higher Education is based on the Tuning project [4]. This project includes, as a generic competence, the ability to generate new ideas (creativity) and in spanish universities is listed in the White Papers of Engineering Degrees [5]. The importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach [6].

In this article, the creation and validation of a three-dimensional tangible educational resource is described for the boosting of creativity, the Stella 3D Tangible Puzzle. This resource is the evolution of a 3D modelling workshop called Stella 3D, developed to encourage creativity, spatial skills and the learning of standardised views. The resource developed in this work includes QR codes, which enable digital files of the pieces for 3D printing to be downloaded, and makes it possible to replace them in case of loss or breakage.

## 2 Background

### 2.1 Creativity in engineering education

Institutions such as The National Academy of Engineering in the U.S.A. in its strategic report The Engineer of 2020 [7, 8], says that Humanities and Social Sciences, Communication and Presentation skills are more, or at least as, important as the technical knowledge for a professional engineer. Precisely, in this particular

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

report, it is said, “It is appropriate that engineers are educated to understand and appreciate history, philosophy, culture, and the arts, along with the creative elements of all these disciplines”. Furthermore, creativity should be an integral part of the engineering design process [9, 10] understanding this activity as the process that culminates in the proposal of new products. As Howard says [11], in many situations there is no clear differentiation between the production and development of ideas and the production and development of products.

Due to this, schools should not continue teaching isolated disciplines, but move forward towards a Human-Centered Education. Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) should include Art and Design to favor creativity alongside with reasoning and therefore, tend to a new acronym to make STEAM (“A” is for Arts and Design). This new concept emphasizes the long term thought for professionals of engineering because it takes into account the fact that the world has moved onto a phase of continuous change where they have to be constantly adapting to new working realities [12].

It has been a traditional thought, that studies of Humanities and Fine Arts were considered important for engineering students because they made them more complete people. That is, Arts were understood as a complement for an engineer, as a way to balance those very technical studies with disciplines, which were far away from such a deductive approach. However, nowadays it is beginning to be accepted that Liberal and Fine Arts do not only get more balanced people, but also better engineers. This is so because the previously mentioned disciplines work with ambiguity and with those inductive methods that were not used traditionally in technical studies. This holistic approach of learning allows the possibility to face with more guarantees, a world where deduction is not always the most appropriate intellectual tool because everything is changing so much and new objects have to be created. It is important to remember that engineering, in essence, is an act of creation and creation is always the expression of imagination [13].

Creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach [6]. For example, in year 2009, the Massachusetts Institute of Technology (MIT) employed the writer Junot Diaz, 2008 Pulitzer Prize for Literature, to teach creativity to engineers [14]. Experience showed that although initially, some students thought that the experience was ridiculous, at the end of the semester they defended the importance of the arts in their learning as engineers. In 2010, Syracuse University gave a seminar that brought together architecture and structural engineering students. The main objective of the overall project was to find strategies to promote and reward creativity in engineering students. It was demonstrated that although engineering students initially expressed frustration with the open-ended assignments, at the end of the project, they began to show interest in achieving aesthetic results [15].

From 2011 to 2013, engineering undergraduates from the Valparaiso University College of Engineering (Valparaiso, Indiana, USA) participated in a four-day off-site course focused on creativity. They use pre- and postcourse surveys to measure some parameters about the students' understanding of the roles of creativity in engineering Studies [16]. In 2014, the University of Alabama, USA, conducted an experience introducing creativity in freshman students of electrical and computer engineering studies [17]. The goal of this project was to be conscious of creativity in the design

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

process and to think about problems in an open-ended manner. Students perceive exercises difficult but motivating and therefore showed greater involvement in engineering studies from the first year.

So we can conclude, that at this point, as suggested in the Changing the Conversation report [18] creativity must go beyond a mere concept, and must be incorporated into engineering curricula [19].

## 2.2 Stella 3D workshop

Before starting to design a workshop to promote creativity, the Development of Spatial Skills Research Group (DEHAES) at La Laguna University in Spain, since 2004, has made several workshops and tools focusing on the development of spatial abilities in engineering students [20]. These tools, ease the understanding of the concepts and the relations between two and three-dimensional representations.

All these workshops and tools have been implemented in the subject of Engineering Graphics, due to the fact that it is a subject whose contents and activities have been traditionally used to develop students' spatial skills. One of the working guidelines is based on the use of commercial software, easy to implement and low cost, for 3D modeling, that is SketchUp [21]. This workshop has undergone several improvements lately, among them, the possibility to classify exercises according to the level of difficulty, to personalize the working template and to create a web site "Anfore3D.com" [22] where it is offered to our students a wide range of exercises. This 3D workshop was not only validated as a tool for developing spatial abilities [23], but also was validated for learning normalized views [24].

At this point we wonder if this methodology could be use in other studies, apart from engineering. That is the reason why a decision was taken, to move this experience to Fine Arts. Therefore, during the Academic year 2010-2011, the same workshop was carried out on that subject and we may say that the results and the acceptance on behalf of the students of Fine Arts was quite favorable [24].

It is important to point out that the 3D workshop has been thought from the point of view of orthogonal projections where each exercise usually has just one solution. The process of 3D modeling allows students to explore their own way so as to find a solution, but the fact that it has only one, limits their own creativity. In an artistic environment, problems with a single solution are not the most common ones, because exercises, in general, are more open and let students explore multiple options, being all of them correct.

Although creativity has not just a single definition, there is general agreement that, whatever it is that we mean by creativity, it involves gathering things (words, images,...) in a novel way. There is also consensus that some types of creativity, involve the ability of divergent thinking (generating multiple solutions to a problem), as opposed to convergent thinking (one solution) [6].

To complement this creative aspect, we decided to develop a new workshop on 3D modeling, using the same program (SketchUp with personalized templates), to carry out the understanding of the tridimensional space from the view of Fine Arts studies. The above-mentioned workshop was called Stella 3D because it is based on the series of paintings named "Irregular Polygons" by the American artist Frank Stella made up

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

of 11 works of art, gathered in four chromatic variants. (I, II, III, IV). The workshop was carried out with Fine Arts students during the academic year 2011-2012. The aim of the workshop was to build a three-dimensional volume starting from a two-dimensional shape (Frank Stella paintings). To carry out the activity, students used their knowledge of graphical projections and descriptive geometry such as parallel projection and conic perspective.



Fig. 1. Frank Stella paintings in web site: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)

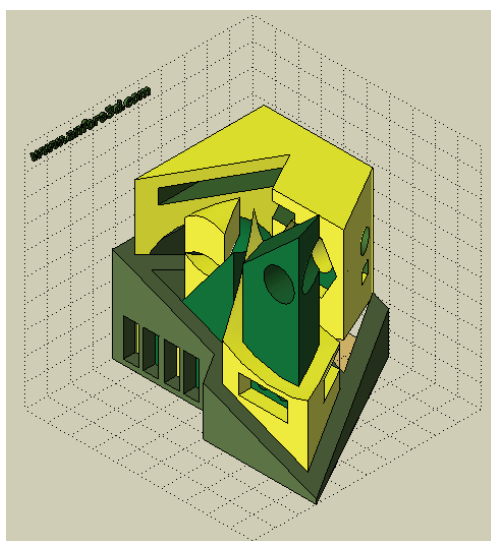
The use of SketchUp allows the possibility to create volumes without almost any learning. To facilitate the achievement of activities, two templates were designed for each of the eleven paintings corresponding to the afore-mentioned series “Irregular polygons”. One of the templates was designed as an option to work with the painting as a top view of a 3D object and the other one as a front view. Within the templates, besides having as a reference the painting chosen by the student, there is also a working 3D grid to be used as an auxiliary element in the creation of the volume. The template allows different views of the work under different points of view (axonometric and conic) and visual styles (outlines, charcoal, edges...). Despite the fact that we start from the same statement, in which we are obliged to keep the original Stella painting by in a normalized orthogonal view, each student proposes a different tridimensional solution.

These templates are available on webpage: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com). This settings developed by Research Group DEHAES at University of La Laguna, has several multi-platform, multi-support and multi-format resources intended for the teaching of analysis forms and its representation. Among the contents there is a line of creative workshop with open solution exercises. Within these we find Stella 3D workshop.

Once we checked the efficacy of the workshop with Fine Arts students [24], we decided to use this more creative workshop in engineering settings in order to include the "A" of STEAM in the curriculum. The subject of Engineering Drawings, where

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

concepts of normalized orthogonal views associated to a 3D model have to be learnt, permits the possibility to include this new focus without any difficulty. Students do not need artistic knowledge, but the fact that the exercise uses the paintings of an artist and the fact that the activity has different solutions means a step forward towards the introduction of art and creativity in students of engineering.



**Fig. 2.** Result of a Stella 3D workshop composition.

Therefore, with the Stella 3D Workshop, from the pictorial work of art by Frank Stella (Irregular Polygons), it is possible to teach traditional content from standardised views. What is more, the skills of spatial ability and creative competence have been incorporated (the capacity to produce or generate new ideas).

Despite the good results obtained, this workshop presents some limitations, such as the need for a computer to use it. Furthermore, as 3D digital modelling is used, the physical handling of the pieces is lost, which has been shown to be a useful learning method. The use of 3D printers allows the creation of educational resources in different areas (engineering, art, paleontology...) that encourage the manipulation of tangible pieces. [25, 26, 27]. In order to solve these limitations, a new module of this workshop has been created, which has been named the Stella 3D Tangible Puzzle. This workshop is oriented towards handling and sketching of the pieces.



### 3 Description of the Stella 3D Tangible Puzzle Workshop

The Stella 3D Tangible Puzzle workshop has, as its main objective, the handling and creation of compositions of three-dimensional pieces like a puzzle, as an experiment for promoting creative ability and the capacity for spatial vision. The creation of the Stella 3D Tangible Puzzle is a complementary option to working with standardised views, where the students make a three-dimensional composition from a two-dimensional pictorial work. In this case, within the paintings in the “Irregular polygons” series by Frank Stella, the Ossipee painting has been selected as the statement of the activity, (Figure 3). This work is made up of four shapes which fit into one another in four different colours. Each one of these shapes in different colours is going to be transformed into three-dimensional pieces, called A, B, C and D.

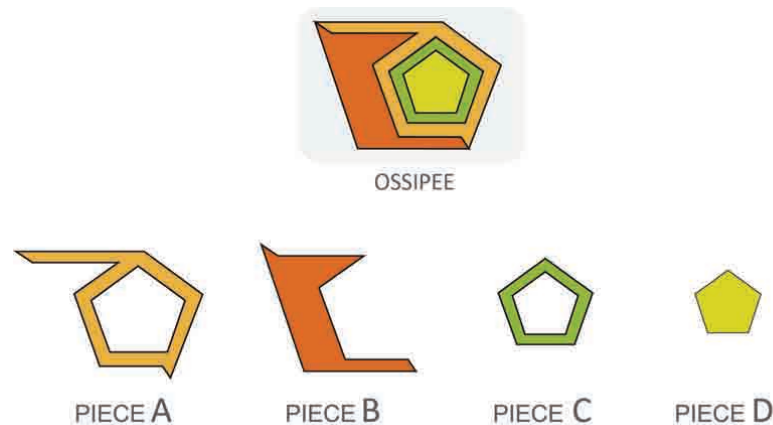


Fig. 3. Elements into which the Ossipee painting is divided

The Stella 3D Tangible Puzzle module, unlike the Stella 3D workshop described above, is a tangible educational material, where the pieces can be handled. Just like in the digital workshop, the upper part of each one of the pieces may be flat, sloping or curved. In this way, the compositions that can be made are the same as in the digital workshop. The final objective of this composition continues to be appreciating the original work by Frank Stella (Ossipee) when it is visualised from above (top view).

In order to carry out this workshop, a box containing twenty-six different pieces has been designed: six pieces of type A, six of type B, seven of type C and seven of type D. In turn, from each of the pieces four different finishes have been made; with a straight cut, an inclined cut, a curve and another one free, in such a manner that the view from above of each piece is not modified. Furthermore, some of the components are in two sizes, small and large (S and XL). The entire repository made up of these

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

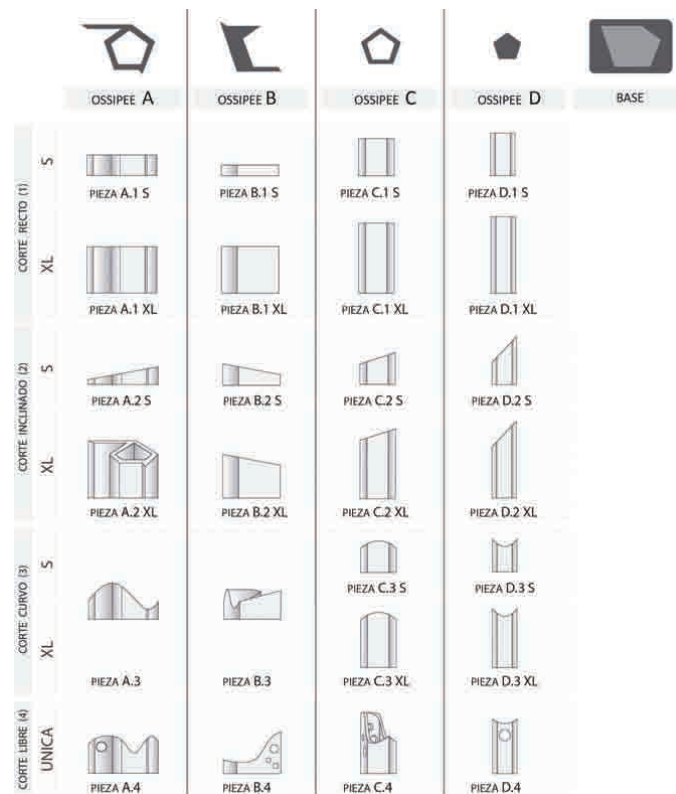
Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

twenty-six pieces forms a set, and in this way it is possible to deal with a set of twenty-five students. With a single set, it is possible to create over 1500 different solutions. The objective is that the students should work in a group and should make several compositions with the pieces like a puzzle, so as to subsequently make the top view, the elevation and the profile and the isometric perspective by hand on some cards supplied for the exercises. In figure 4, you can see the top view and elevation of the figures that make up a set. It can be verified that several of the pieces share the same top view, regardless of the shape of the upper side. There is one additional piece, called "Base" which serves as the base on which to set up the puzzle with the solution selected by the student.



**Fig. 4.** Set of pieces (Top and front view) which make up the Set of the Stella 3D Tangible Puzzle. .

The pieces are complemented with some cards on which the students have to make a sketch of some standardised views. In Figure 5, it is possible to see the box with a complete set of twenty-six pieces, to carry out the activity of the Stella 3D

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

Tangible Puzzle. In the image, it is also possible to see the paper cards for doing the exercise proposed.



Fig. 5.. Elements which make up the Stella 3D Tangible Puzzle workshop.

In order to solve the possible breakages or losses of the pieces of the Set, the box includes a QR code which gives access to the digital files of each of the pieces, available at a repository in the cloud. In this way, it is possible to replicate the complete set using, for example, a 3D printer.

## 4 Materials and methods

### 4.1 Participants

This activity took place at the University of La Laguna during the 2016/17 academic year with thirty-one students of the subject of Engineering Drawing from the first year of Engineering. The students were separated randomly into two groups, the experimental one (19 students) and the control one (12 students). The experimental group did the Stella 3D Tangible Puzzle workshop and the control group did not do this activity, but they made traditional paper and pencil exercises.

### 4.2 Software and Hardware

In order to carry out the activity, it is not necessary to use a computer, with the result that it can be done in a normal classroom. Large tables or desks are recommended to be able to draw the sketches. The material necessary to be able to carry out the activity is a Set of pieces of the Stella 3D Tangible Puzzle for every twenty-five students and the paper cards where the students will carry out the activity.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

### 4.3 Measurement Tools

In order to measure creativity, the Abreaction Test for Evaluating Creativity, TAEC [28], by Saturnino de la Torre was used. This test can be applied from pre-school to adult. This one was chosen ahead of all possible other tests due to it being a graphical and inductive test of the completion of figures, which is very suitable for use in the context of the subject of Graphic Expression by Engineering students.

For the conduct of the TAEC test, it is only necessary to have a card including drawings of the basic figures of the test. One card per student is given out where he/she must fill in his/her details, the time the test commences and the time of completion. The student has complete liberty to draw on this card whatever comes into his/her mind starting from the basic figures given whether in graphite pencil, or coloured pencils or in biro.

### 4.4 Methodology

For the conduct of the test, three sessions were used for a total of four hours. In the first session of one hour, the creativity value with which the students started was measured. For this purpose, each student was given the TAEC test and they were given the necessary instructions to carry it out.

In the second session, of two hours, each student is given the card or cards where they must draw the standardised views and the perspective of the composition that they are doing. Then, the students begin to choose from the twenty-six pieces in the Set the four that they need to make their composition following the original shape of the Ossipee painting. When they have their composition finished, they make the standardised views and the perspective of the composition obtaining results like that in Figure 6.

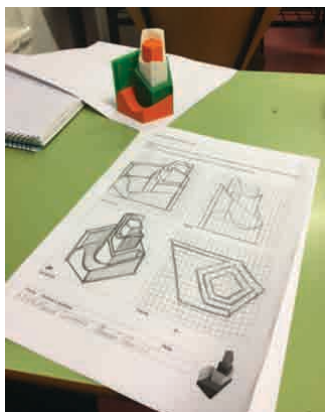


Fig. 6.. Exercise carried out by a student

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

The third and final session, of one hour, consists of again giving the students the TAEC creativity test.

## 5 Data analysis and results

In Table 1, it is possible to see the results obtained from the creativity test before and after the experiment, which are as follows. It should be pointed out that the range of scores in the TAEC test goes from 0 to 324 points. In order to determine the variation of the mean values of creativity, a Student's T test has been carried out where the null hypothesis is that the averages do not improve. In this way, for p values of less than 0.001 the null hypothesis is rejected and for greater values it is accepted.

**Table 1.** Treatment and Control Group Abreaction Test for Evaluating Creativity results

Abreaction Test for Evaluating Creativity (TAEC) results			
	Pre-test	Post-test	
	Mean Score	Mean Score	p-value
	(s.d.)	(s.d.)	
<b>Grupo Experimental</b> (N=19)	93,8 (28,13)	132,0 (45,50)	0,00077223
<b>Grupo de Control</b> (N=12)	92,8 (40,67)	96,2 (47,76)	0,7785

## 6 Discussion and Conclusions

The data obtained from the experimental group show that the students have increased their creativity values in comparison with the Pre-test, going from a score of 93.8 to 132.0. This increase of 38.2 points is considered significant as in the Student's *t*-test a p-value of 0.00077 was obtained.

In the control group, the creativity values went from a score of 93.8 to 96.2 with a gain of 2.4. This increase is not considered significant as in the Student's *t*-test a p-value of 0.7785 was obtained.

For the purpose of comparing these results, it is possible to use as a reference those obtained in a previous experiment, carried out during the 2015/2016 academic year by Engineering students. In this test, a mean of 139.20 points in the TAEC test was obtained [29], which was very similar to the result obtained by the experimental group described in this article. In this case, the students carried out a creativity test based on the creation of personalised articulated dolls. On the other hand, in this same academic year 2016/2017 another experiment was carried out with Master's students who carried out a creative activity based on the creation of tangible earth models [30]. In this experiment, it was observed that the increase obtained was of 18.4 points, less than the result obtained in this experiment. The mean of the Master's students is lower, with a mean score of 102.8 being obtained.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

Besides, with the results obtained in this research, and according to Sardá [2], the use of tangible elements is a useful strategy for the development of competences and learning, not only at pre-university levels but also at university. For this reason, in educational environments at university level, the use of tangible objects or models as a complementary teaching resource could be stimulated [1]. One way to stimulate the use of these tangible objects is to use 3D printers, because they solve some problems such as the price, breakages, loss, difficulty of movement, storage, access, etc... [25,26,27].

Therefore, with this Stella 3D Tangible Puzzle workshop, creative ability is boosted among the students without need of technological support, obtaining results that are comparable with those from previous experiments. Additionally, it is interesting to note that the box itself, in which all the pieces are, includes a link using a QR code which gives access to the digital files on each of the pieces ([goo.gl/BGHZTq](http://goo.gl/BGHZTq)). In this way, it is possible to replicate the complete set using, for example, a 3D printer.

## References

1. Álvarez, F.: Rastrear proyectos, contar historias. Diagonal, N° 28, 10-13 (2011)
2. Sardá, S., Márquez, C.: El uso de maquetas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema nervioso. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 14(58), 67-76, (2008)
3. Perrenoud, P.: Dix nouvelles compétences pour enseigner Invitation au voyage (5e éd.). París, ESF, (2006)
4. Tuning Project, Competences. From Tuning. Educational Structures in Europe. From <http://www.unideusto.org/tuningeu/home.html>, February (2014)
5. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, Libros Blancos. From <http://www.aneca.es>
6. Liu, Z. E., Schönwetter, D. J.: Teaching Creativity in Engineering. International Journal of Engineering Education , 20 (5), pp. 801-808 (2004)
7. National Academy of Engineering., The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century. Washington: The National Academies Press (2004)
8. National Academy of Engineering., Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century. Washington: The National Academies Press (2005)
9. Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., Saleem, J.: Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. Journal of engineering education, 96(4), 359-379, (2007).
10. Atman, C. J., Chimka, J. R., Bursic, K. M., & Nachtman, H. L.: A comparison of freshman and senior engineering design processes. Design studies, 20(2), 131-152, (1999).
11. Thomas, H., Culley Stephen, J., & Elies, D.: Creativity in the engineering design process. Guidelines for a Decision Support Method Adapted to NPD Processes, (2007).
12. Boy, G. A.: From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. Proceeding of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. p. Art. N° 3, New York, (2013)
13. Shuster, M. D.: The Arts and Engineering. IEEE Control Systems Magazine, pp. 96-98 (2008)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.34, 2017, pp. 30-42

14. Dempsey, P. Junot Diaz: teaching creativity to engineers at MIT. *Engineering and Technology Magazine*, 4 (19), (2009)
15. Mac Namara, S., Olsen, C., Steinberg, L., Clemence, S.: Inspiring innovation. *Proceedings of the Annual ASEE Conference* (2010)
16. Khorbotly, S., Budnik, M. M.: Creative Engineering for 2020. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 12 (1), (2014).
17. Burkett, S. L., Kotru, S., Lusth, J., McCallum, D., Dunlap, S.: Introducing Creativity In A Design Laboratory For A Freshman Level Electrical And Computer Engineering Course. *American Journal of Engineering Education*, 5 (1), (2014).
18. National Academies of Engineering. *Changing the conversation: Messages for improving public understanding of engineering*. Washington, DC: National Academies Press, (2008)
19. Cropley, D. H.: Promoting creativity and innovation in engineering education. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(2), 161–171 (2015) <http://dx.doi.org/10.1037/aca0000008>
20. Martín Dorta, N., Sánchez Berriel, I., Bravo, M., Hernández, J., Saorín, J. L., Contero, M.: Virtual Blocks: a serious game for spatial ability improvement on mobile devices. (S. S. US, Ed.) *Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-21, (2013)
21. Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M.: Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97 (4) pp. 505-513, (2008)
22. de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Martín Dorta, N., Carbonell Carrera, C.: [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com). From Anfore 3D. Análisis de las Formas y su Representación: <http://www.anfore3d.com/#!fases-del-taller-3d/c161y> February, (2014)
23. González, A. M., Carbonell Carrera, C., Saorín, J. L., de la Torre Cantero, J.: 3D Modeling for competences development of new degrees within the field of maritime. *Journal of Maritime Research (JMR)*, 8 (3), pp. 71-85, (2011)
24. de la Torre Cantero, J.: *Aplicación de Tecnologías Gráficas Avanzadas como elemento de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas*. Valencia: UPV, (2013)
25. Saorín, J. L., Carbonell C., de la Torre J., Meier, C., Alemán, D.: Three-Dimensional Interpretation of Sculptural Heritage with Digital and Tangible 3D Printed Replicas. *TOJET*, 16(4), (2017).
26. Saorin, J. L., de la Torre-Cantero, J., Melián-Díaz, D., Meier, C., Rivero-Trujillo, D.: Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. *Digital Education Review*, (27), 105-121, (2014).
27. Saorín J.L., Meier, C., Ruiz Castillo, C., de la Torre, J., Melián Díaz, D., Bonnet de León, A.: Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias, (2016).
28. De la Torre, S. (1991). *Evaluación de la creatividad: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma*. Editorial Escuela Española.
29. Saorín, J. L., Melian Díaz, D., Bonnet, A., Carrera, C. C., Meier, C., de La Torre, J.: Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 188-198, (2017).
30. Díaz, D. M., Carrera, C. C., Saorín, J. L., De la Torre Cantero, J., & Dorta, N. M.. *Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa*, *Advances in Building Education*, 1(1), 11-26, (2017)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 06

---

*3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education*

EURASIA. Journal of Mathematics, Science and Technology Education  
Volúmen 13, pp. 7489-7502

BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2017):  
SCOPUS, SJR: 0,424

2017

.....

Carlos Carbonell Carrera

José Luis Saorín Pérez

Dámari Melián Díaz

Jorge de la Torre Cantero



Anexo I | 68

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

10/10/2018

Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education

also developed by scimago:  SCIMAGO INSTITUTIONS RANKINGS

**SJR**

Scimago Journal & Country Rank Enter Journal Title, ISSN or Publisher Name

[Home](#) [Journal Rankings](#) [Country Rankings](#) [Viz Tools](#) [Help](#) [About Us](#)

## Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education

**Country** [Turkey - !\[\]\(faf942dc3e59ce8eb64b4ac481eca7e0\_img.jpg\) SIR Ranking of Turkey](#)

**Subject Area and Category**  
[Mathematics](#)  
[Applied Mathematics](#)  
[Social Sciences](#)  
[Education](#)

**Publisher** [Moment Publications](#)

**Publication type** Journals

**ISSN** 13058215, 13058223

**Coverage** 2006-ongoing

**23**

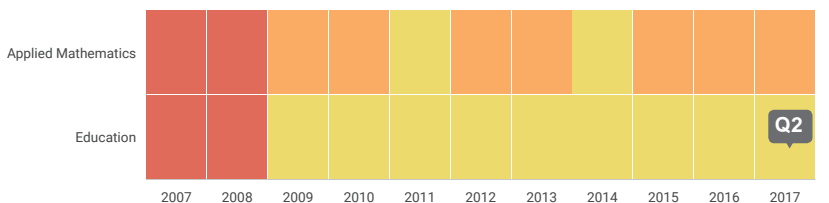
H Index

**Scope** The EURASIA journal publishes original articles in the areas of mathematics education, science education, and technology education. The Journal strictly adheres to the universal principles of the peer review process. The aim is to advance the scholarship and the scientific knowledge base in these three areas. Articles can take a variety of forms scholarly communication. We emphasize the importance of communication which have not been stressed adequately in the past such as interview/conversations with eminent scholars of the field and hence encourage authors to get engaged in such activities and prepare manuscripts of this form. The Editorial Board also welcomes ideas and suggestions for special issues of the EURASIA Journal dedicated to a special theme.


 [Homepage](#)

 [Join the conversation about this journal](#)

Quartiles 



SJR 

Citations per document 

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=4400151729&tip=sid&clean=0>

1/4

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

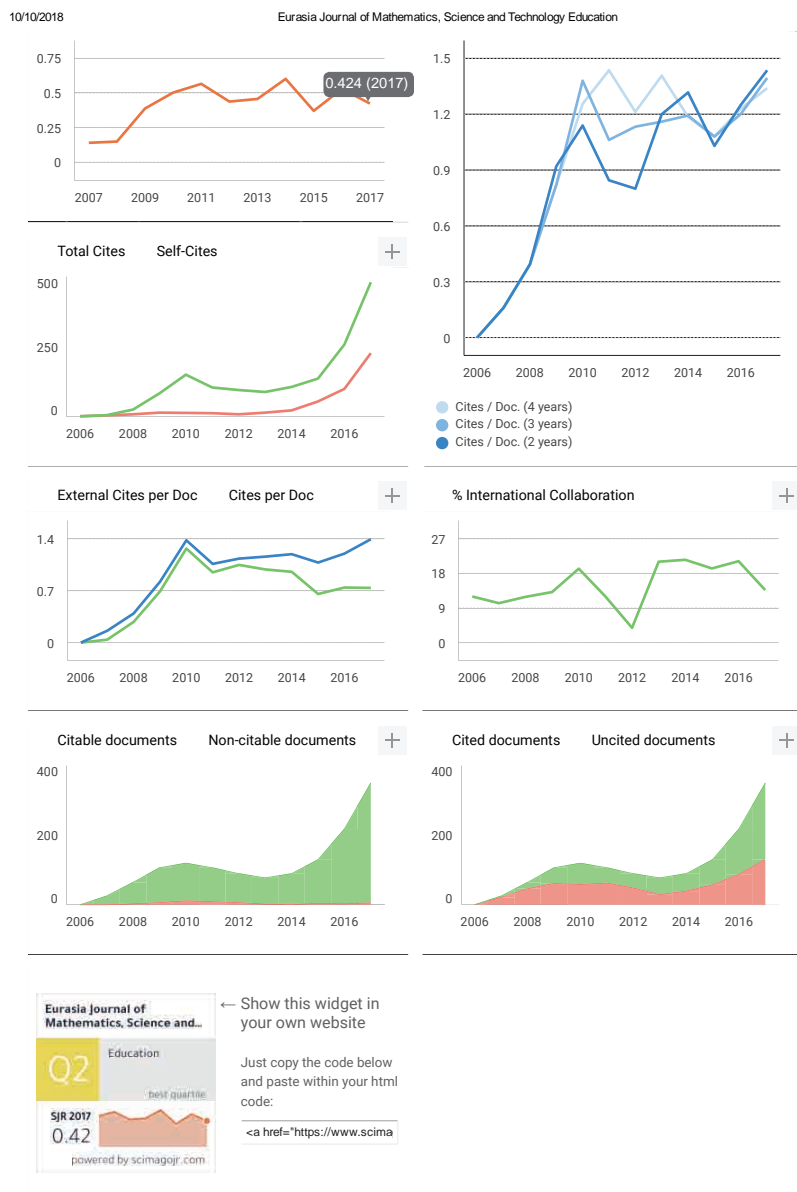
Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas



<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=4400151729&tip=sid&clean=0>

2/4

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## 3D Creative Teaching-Learning Strategy in Surveying Engineering Education

Carlos Carbonell-Carrera <sup>1\*</sup>, Jose Luis Saorin <sup>1</sup>, Dámari Melian <sup>1</sup>, Jorge de la Torre Cantero <sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of La Laguna, SPAIN

Received 31 May 2017 • Revised 20 September 2017 • Accepted 18 October 2017

### ABSTRACT

For the acquisition of spatial reasoning, content is learned more quickly by means of the use of 3D objects. In the field of surveying engineering education, research has been carried out to promote the ability to interpret relief using 3D terrain representations with positive results, in which the instructor provided these 3D-models to the student. In the present research a change is proposed in the teaching-learning strategy in which the student ceases to be a passive subject who is asked to exercise with a 3D-model to adopt a creative role, since the student creates the object of learning using 3D tools. Under this approach can be measured also the impact of this strategy on creative competence. Results of 2 workshops performed with 115 engineering studies shows that this strategy help them to interpret the relief, and their creativity is improved in 36 points measured with the Abreaction Test of Creativity.

**Keywords:** 3D teaching-learning strategy, 3D digital fabrication, creativity, spatial reasoning (relief interpretation)

### INTRODUCTION

The understanding of topographic relief is necessary for the integration of engineering projects in the environment, and not only in engineering. Disciplines such as architecture, urban planning, and environmental studies among others also make use of the interpretation of relief. In the framework of the European Higher Education Area, a model based not only on the acquisition of competences but on the development of abilities and competences, (BOE, 2007), there are a large number of abilities and learning results related to the representation of relief (Tulla et al., 2004; Chueca et al., 2004): knowledge of the elements of the map and the forms of representation of relief, modelling of the natural environment, knowledge and handling of the precise computer tools for the calculation, cartographical representation of geo-morphological elements, three-dimensional reconstruction and virtual modelling, knowledge of the processes and forms of relief of land towards its integration in the analysis of the landscape and planning (Chueca et al., 2004).

However, in the university context deficiencies have been detected for the interpretation of the relief forms. For the acquisition of these spatial competence, a range of studies have shown that a content is learned more quickly by means of the use of three-dimensional objects (Andrade et al., 2012). In educational areas, objects and models in 3D are used habitually in different disciplines such as in the teaching of architecture (models) and for technical drawing and standardised views (technical pieces). Alvarez (2011) indicates that the model is a teaching element of the first order.

In the field of surveying engineering, research has been carried out to promote the ability to interpret relief with 3D tools. Thus, several experiments have been carried out in which different learning objects such as augmented reality (Carbonell & Bermejo, 2017), 3D mesh processing applications and 3D terrain models printed in 3D (Carbonell et al, 2016) have been provided to students. In all these experiments positive spatial reasoning (spatial orientation and relief interpretation) results have been obtained. However, the participants only worked with 3D digital terrain models already built by the instructor: the creation of models is an activity that takes a further step in the process of learning. With this in mind, in the present research the research group for the development of spatial skills at the University of La Laguna conducted a workshop in the course 2015-16 (called 2015-16 Workshop

© Authors. Terms and conditions of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) apply.

✉ [ccarbonell@ull.edu.es](mailto:ccarbonell@ull.edu.es) (\*Correspondence) ✉ [jlsaorin@ull.edu.es](mailto:jlsaorin@ull.edu.es) ✉ [dmeliand@ull.edu.es](mailto:dmeliand@ull.edu.es)  
✉ [jcantero@ull.edu.es](mailto:jcantero@ull.edu.es)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education

**Contribution of this paper to the literature**

- A creative approach to the acquisition of spatial competences (interpretation of relief) is presented. Creativity is also a competence to be acquired by engineering students in the European Higher Education Area.
- A 3D creative environment is presented in which 3D low cost technologies are used.
- Results are presented on the interpretation of the terrain in three subscales and on the creative competence in each of its 9 components.

in this paper) in which engineering students also worked with 3D digital terrain models, although in this case the activity consisted of the students to make that 3D terrain model. Thus, a change was proposed in the teaching-learning strategy in which the student ceases to be a passive subject who is asked to exercise with a 3D model to adopt a creative role, since the student creates the object of learning.

It was therefore necessary to evaluate whether this teaching-learning strategy in which the student participates in a creation process had any impact on their creativity competence, since creativity is a generic competence to be acquired by the engineering students in the framework of the European Higher Education Area.

Educational engineering programs do not evaluate academic work in terms of creativity (Daly, Mosyjowski & Seifert, 2014). Some researchers explain this by arguing that engineering teachers are unfamiliar with teaching and / or creativity assessment (Cropley, 2015; Kazerounian & Foley, 2007; Zappe, Mena, & Litzinger, 2013). Although interest in creativity in the engineering field is increasing, little has been done to develop this skill in engineering studies (Cropley & Cropley 1999; Charyton & Merrill 2009; Dewulf & Baillie 1999; Kazerounian & Foley 2007; Stouffer, Russel, & Oliva, 2004). The importance of creativity in the teaching of engineering is an aspect which is becoming more important, although it is not yet an approach that is fully generalised (Liu & Schönwetter, 2004). Zappe et al. (2015) claims that students do not perceive that they improved their creative skills in the engineering curriculum, and that they thought that creativity is important in the aim of engineering.

Therefore, another workshop was held by the research group for the development of spatial skills at the University of La Laguna (<http://dehaes.webs.ull.es>) in the 2016-17 course (called 2016-17 Workshop in this paper) in which engineering students participated in an experiment to create digital terrain models. In this case, since the impact on their interpretation of terrain had already been measured in the 2015-16 Workshop, the influence of this new innovative teaching-learning environment on creative competence was measured.

In this research, therefore, two workshops involving a total of 115 engineering students aimed at to know the impact of a new teaching-learning environment in their spatial reasoning (interpretation of cartographic relief) and to know the improvement of creative competence, by means of the creation of models of the land using technologies of low-cost 3D digital manufacture are described. In the first workshop, carried out during the 2015-16 academic year with 33 university students, topographic models were made using stacked sections, with the aim of improving the three-dimensional interpretation of the terrain forms. The second workshop, performed during the 2016-17 course, was carried out with 82 engineering students. This second experiment aimed to incorporate creative aspects to the generation of land models.

### 3D DIGITAL TERRAIN MODELS IN ENGINEERING

In professional practice, 3D digital terrain models (DTM) are used as auxiliary tools in making engineering and architectural projects: the model shares with drawing a great expressive synthesis, which makes it an accurate instrument of knowledge which forms part of the basic gearing of the materialisation and physical embodiment of the idea of the project (Carazo & Galván, 2014). Digital modelling of land and its integration in BIM (Building Information Modeling) environments, facilitate three-dimensional representation. Cazaro and Martínez (2013) state that digital technology is moving graphic production towards a new realism and a new materialism or virtual materialism and they conclude that the world of virtual drawing of the computer has also caused, in parallel, direct connections with the real world through what has been called digital fabrication (Cazaro and Galván, 2014).

In fields of teaching, in turn, the use of topographical 3D terrain models has been common for the understanding of the terrain in a rapid and clear manner (Knoll & Hechinger, 2005). In **Figure 1** a model used at the University of La Laguna for the assimilation of contents related to the levelling and embankment of land is shown.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

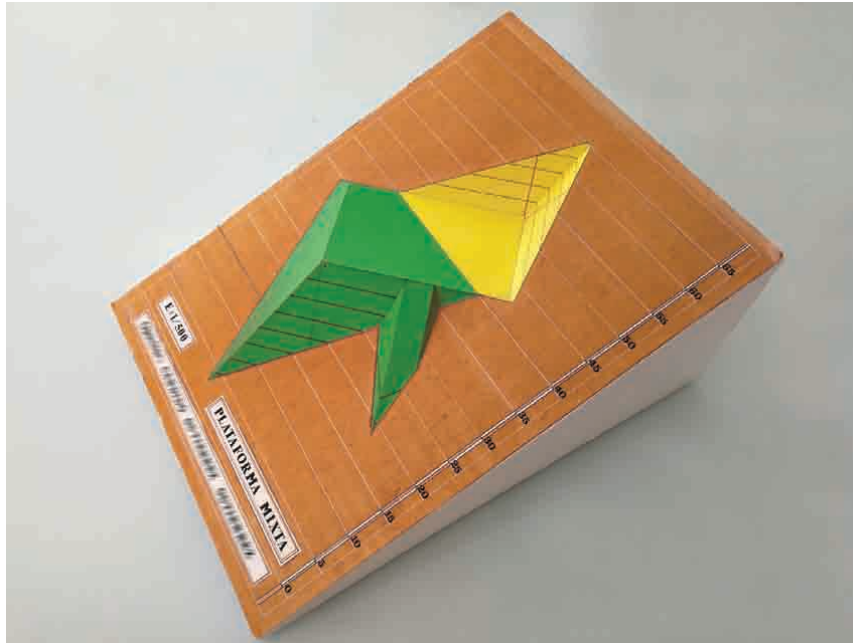


Figure 1. Descriptive model of leveling slopes and embankments by surveyed plans

3D Models are an excellent teaching material in education and for learning to read, interpretation and making of plans which define a project or its different elements, as well as a powerful tool of land-engineering and architectural analysis (Zevi, 1997).

The traditional processes and materials of manufacture (plaster, wood, cork, cardboard and so on) are being replaced by digital modelling of terrain obtained through topographical observations, three-dimensional laser scanning or photogrammetric techniques. A way of simplifying is to use free applications such as SketchUp, which makes it possible to geo-locate a project starting from the data of applications such as Google Earth (Figure 2). This model can be exported in STL format, which is commonly used in digital fabrication processes.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education

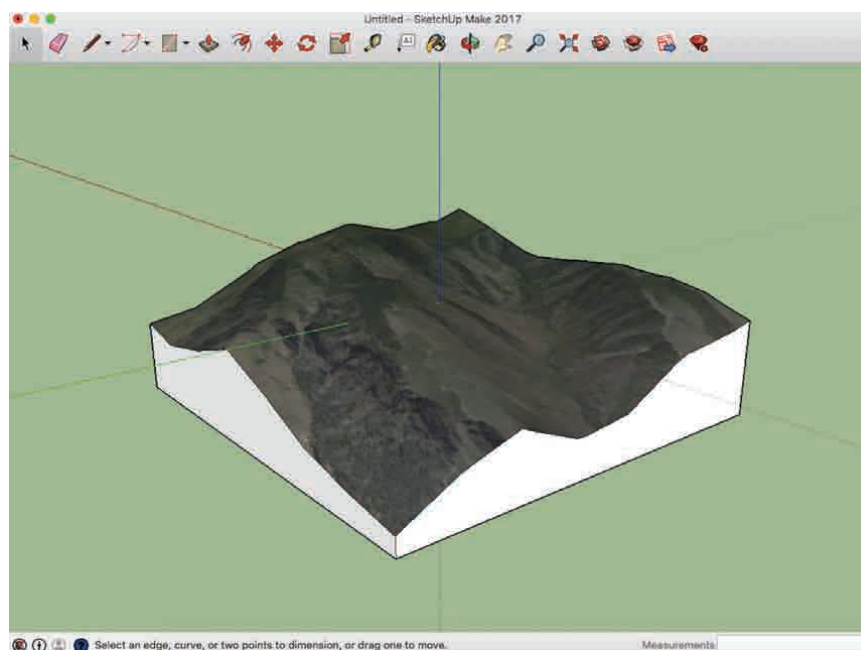


Figure 2. DTM (Digital Terrain Model) in Google SketchUp

New technologies allow the making of models from DTM, through technologies of accessible digital manufacture at low cost. Digital manufacturing technologies are not recent. However, it is in the last few years that they have become considerably cheaper, which makes them accessible in educational contexts. This reduction in cost has arisen both in the hardware and in the software, and the tendency among large software companies such as Autodesk or SketchUp, is to supply some of their applications without charge, such as those used in this research. In the field of hardware, the prices have dropped considerably with the appearance of new companies, which manufacture and distribute devices for digital manufacture.

### COMPETENTIAL FRAMEWORK

The reading and interpretation of topographical maps involves an effort at a cognitive level for the users of cartographical documents, as the information is hierarchically structured and represented through symbols, together with the challenge of interpreting three-dimensional spatial information (cartographic relief) represented in a two-dimensional setting which reproduces topographic relief through different cartographic techniques (Gobert, 2005).

Numerous researchers have studied the difficulties of students in the interpretation of cartographic relief: Boardman (1989) detected problems in the interpretation of contour lines; Carter et al. (2005) concluded that students have difficulties in the transition between 2D representations and their interpretation; Lanca (1998) studied the ability of students to create transverse 3D representations of topographical maps, suggesting the need to go deeper into specific strategies for the understanding of topographical maps.

In educational engineering environments where plans are widely used, the use of 3D digital terrain models aids understanding of three-dimensional space, and can help the acquisition of competences contemplated in Higher Education in engineering such as the interpretation of relief in the framework of spatial reasoning. But not only with the use of 3D digital terrain models already made. Involving the student in the creation of these models can contribute to the improvement of one of the generic competences of the European Higher Education Area: creativity, which is increasingly important in engineering.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

The definition and classification of the competences in the European Higher Education Area are based on the Tuning Project (Project, 2016). This project includes, as a generic competence, the capacity to generate new ideas (creativity) and in Spanish universities the creativity was mentioned in the white paper for Engineering (2014). Furthermore, such institutions as the National Academy of Engineering in the U.S. in its strategic report, "the Engineer of 2020" states that in Humanities and Social Sciences, Communication and Presentation Skills are more, or at least equal in importance to technical knowledge for a professional engineer. Precisely, in this report in particular, it is said that "it is appropriate that engineers should be educated to understand and appreciate history, philosophy, culture and the arts together with the creative elements of all these disciplines".

In the engineering profession, it is often necessary to bring different solutions to the same problem, in a creative and novel way. A creative mind will be able to solve tasks related to the design of a product or the improvement of an existing one. Creativity is defined as the generation of ideas in a novel and useful (or appropriate) way (Sternberg & Lubart, 1995; Sternberg, 1999; Weisberg, 1986). Some authors call this definition "general creativity" (Charyton, 2005; Charyton & Snelbecker, 2007). In a stricter sense, it is understood as "creativity in engineering", a way of thinking that contributes to new and original ideas, and that reaches high levels of usefulness in a functional and practical way that is easy to apply (Charyton, Jagacinski, & Merrill, 2008; Charyton & Merrill, 2009). There is, therefore, a great link between engineering and creativity, to the point that some authors think that if engineers are not creative, they are not engineers (Elliot, 2001).

It is necessary, therefore, to incorporate and stimulate creativity in the training of engineers, through activities, strategies and teaching methodologies that can develop this skill, to respond to a society that demands creative skills profiles to meet the challenges of a constantly changing world (Saorín et al., 2015; Saorín et al., 2017). Scott et al., (2004) concluded that training programs that included activities focused on creativity were successful.

Creative competence in engineering can be enhanced with training (Scott et al., 2004; Cropley & Cropley, 2000). In turn, spatial reasoning (in terms of interpretation of relief) can also be developed with specific training (Carbonell et al., 2016). The present research brings the results of an innovative teaching / learning environment focused on the development of these two competences.

### Creativity Measurement

The four most-used measuring instruments in the country where the research has been carried out (Spain), where the features that are evaluated in each instrument are mentioned, together with the factors that are studied, and their adaptation or otherwise for the object of analysis which concerns us are. The first one is the Guilford creativity battery. This instrument assesses the features of fluidity, flexibility, originality, elaboration and sensitivity. It analyses the fundamental factors corresponding to divergent thinking, as this is what is usually interpreted as corresponding to creativity. The second one is the Torrance Creative Thinking Tests. The features which are assessed in these tests are those of fluidity, flexibility, originality, elaboration, inventiveness and penetration. They study a general creative capacity, search for models of the creative process in their natural development, which in turn confer upon tests a capacity for methodological handling which is more accessible and reliability of the results. The third one is the Corbalán CREA test. This tool can be applied with individuals of six years of age onwards, both male and female, and is useful in clinical, educational and organisational contexts and in the practice of the arts, design and advertising. Unlike the Guilford battery, which takes into account the five above-mentioned factors, the CREA test proposes a single measurement of creativity, as it is studied as a psychological style. Thus, the CREA uses as a procedure for measuring creativity the capacity of the individual to ask questions, which serve as an indicator. Finally, the last one is the Abreaction Test for Evaluation of Creativity (TAEC - abbreviation of the Spanish name) from de la Torre (1991). This test can be applied from pre-school to adulthood and is a graphic-inductive test of completion of figures, and it is for this reason that this test has been selected to carry out this experiment.

This test has been chosen among all the existing ones due to the fact that it is a graphic-inductive test of completion of figures, which is highly suitable for use in the context of the subject of Graphic Expression in degrees of Engineering.

The test can be applied to pupils of different ages, from pre-school up to adulthood as it has two variables according to the age of the user. It does not have specific instructions and can be used by any teacher without prior knowledge of the subject. It does not give difficulties either in the conduct by the subject, and it therefore gives full liberty in the way it is used.

As regards its structure, the test is made up of twelve figures with a total of thirty-six openings, in a diversity of positions and shapes. Once the pupil makes his/her drawings or global composition, the features of resistance to closure, originality, elaboration, fantasy, connectivity (creative integration), imaginative scope, figurative expansion, expressive richness, graphic ability, morphology of the image and creative style, through the graphic stimulus are assessed, as described below:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



*Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education*

**Abreaction or resistance to closure:** it is the control that the person has not to close the openings that the test presents without being carried away by the natural tendency for it to be closed. It can be manifested in two ways, leaving the opening open or closing it by an indirect path (by more than two strokes, away from the closing points or using original closures). When correcting the test, it is valued with one point each of the openings that are open or partially open.

**Originality:** measures the ability to make different responses to the rest of the group (unusual and unconventional responses). This factor is one of those that already appears in the first tests of creativity given to pre-schoolers by E.A. Kirkpatrick (1907) and with university students in 1916 through the Test for originality of L.M. Chassell (1916). It can be said that Originality is the component with the greatest importance to diagnose the creative component of subjects. Originality is evaluated on a scale of 0 to 3 depending on the frequency with which that drawing is repeated within the set.

**Elaboration:** the level of detail added to the drawings (e.g. an emoticon type face is understood, but you can make a face with many more details). This factor also appears in the tests of Guilford and Torrance. To elaborate is to treat something in detail, carefully and meticulously. This factor is evaluated from 0 to 3 depending on the number of additional details that the subject uses in the development of the response.

**Fantasy:** it is the representation of something, which is non-existent, in which elements of past experience are combined with new aspects. This variable is not measured in other creativity tests. People with little imagination will imagine objects from a familiar environment, while individuals with this value most accentuated draw from the figures objects that do not exist in real life. It evaluates from 0 to 3, depending on the degree of realism that the drawing presents. If for example, it is a known object, it will have a lower score than if it is a drawing of a non-existent object.

**Connectivity (creative integration):** it measures the fact that a drawing connects several of the 12 figures that compose the test. The tendency in this test is to make a single composition with each of the figures; very few use several of the figures for the realization of a composition. This factor is valued according to whether some figures are connected to others for the creation of the same composition, granting 3 points for each figure that is connected to another.

**Imaginative scope:** the starting figure is camouflaged as a secondary element within the drawing enhanced by the subject. If the figure is a main element of the composition, the person will have less imaginative scope than if instead it becomes an unnoticed element within the composition. The values are from 0 to 3, where 0 is for a composition in which the figure is used as the main object, while it will have an increasingly high score as soon as the figure goes unnoticed inside the composition.

**Figurative expansion:** It measures the space occupied by the drawing. It is measured with a template where each figure is bordered with a template of given dimensions. This factor responds to an attitude or tendency of the person to face risks and to exceed the limits given. To evaluate this factor, a template is needed that establishes the score from 0 to 3, based on the extension that the composition exceeds.

**Expressive richness:** It measures whether the drawing represents static objects or whether moving objects are represented. The values are from 0 to 3, the minimum score being given to subjects that represent static objects without perspective or colour, and the score increasing for subjects if they represent moving objects, and if, in addition to this, they use colour in their compositions.

**Graphic skill:** the following elements of the drawing are valued: coordinated movements, firmness in the stroke, sureness of movements, speed and precision, proportion in the parts of the picture, and mastery of certain techniques such as perspective and shading. This factor is evaluated from 0 to 3, depending on the graphic security that the subject has in their compositions.

## METHODOLOGY

In the present research, the results of two field experiments carried out with engineering students at the University of La Laguna are presented. The first of them (2015-16 Workshop) took place during the 2015-2016 academic year aimed at the interpretation of terrain by means of the use of models created with low-cost digital fabrication tools. The second experiment (2016-17 Workshop), carried out during the 2016-2017 academic year, measured whether the creation of 3D terrain models in experiment one is a valid strategy to improve the creative competence of engineering students. Therefore, two hypotheses are posed: with the 2015-16 workshop, to check if it improves the student's ability to interpret the students' profile, and with the 2016-17 workshop to check if the creation of 3D DTM increases their creative competence.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



## 2015-16 Workshop

### Participants

Thirty-three students of engineering at the University of La Laguna of the 2015-2016 academic course separated into eleven groups of three members each participated in the 2015-16 Workshop aimed to improve their relief interpretation.

### Procedure

The 2015-16 workshop was held in three hours, within the schedule of practical classes.

**Session 1 (1 hour):** Five paper maps were supplied, on which the relief of the land was represented via different 2D cartographic techniques: contour lines, orthophotos, hypsometric tints combined with contour lines, colour scales and oblique zenith shading with hypsometric tints combined with contour lines. Each kind of representation contains a series of questions about the interpretation of the land which the students must identify on the map: routes, lines of maximum slope, elevations, hills, dividing lines, watercourses, vertices and depressions.

**Session 2 (2 hours):** From the five maps in Session 1, the students are given the terrain represented in a digital 3D format (STL) and the construction of the model is carried out. With the 123D Make programme (now known as Slicer for Fusion), the students have to build a model of 15 x 15 cm using the so-called Stacked Slices manufacturing technique. Using this technique, the programme generates horizontal sections of land similar to the contour lines. The thickness of each section (according to the material used) and the shape of the land, will determine the number of parts of which the model will be made up (Figure 3).

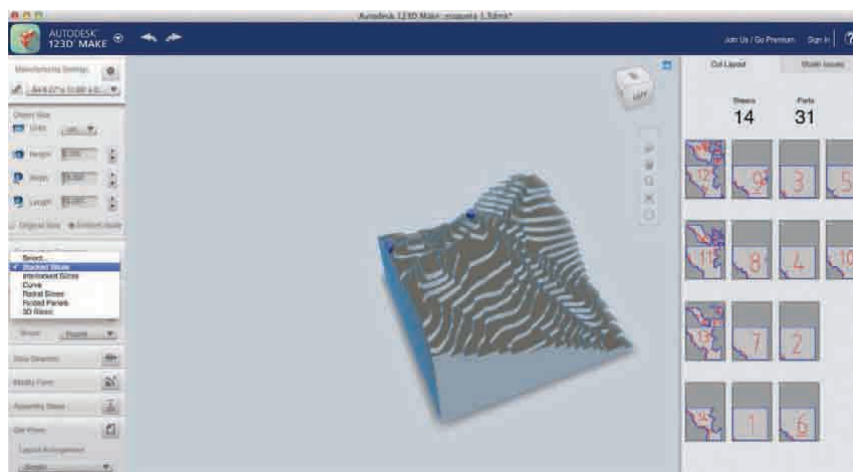


Figure 3. Autodesk 123 Make screen capture

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education

Once the templates of the paper sections are printed, they are stuck onto ethylene vinyl acetate to be cut out and to proceed to stick the layers in the correct order (Figure 4). This material, also known as EVA rubber, is cheap and easy to cut with a cutter and/or scissors. Each piece is numbered and if the assembly of the land were to present any kind of difficulty, it is possible to have recourse to the assembly video offered by the programme.

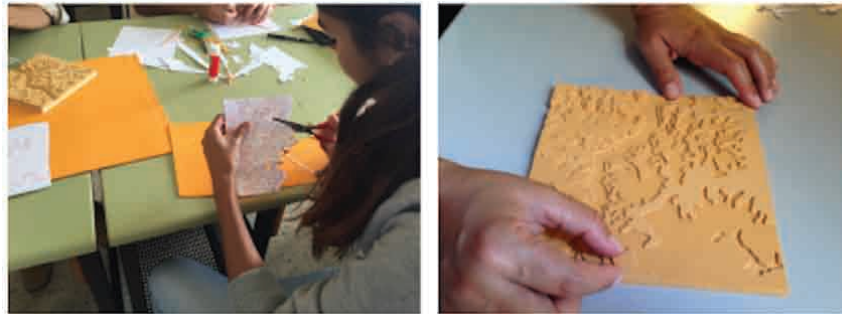


Figure 4. Cutting out the sections of ethylene vinyl acetate and the creation of the model

Once the model is finished, the students verify the answers given to the questions about the interpretation of the relief asked in Session 1 with the 2D representation, comparing whether their understanding of the space expressed through a map corresponds with their three-dimensional view. The following image (Figure 5) shows a type of 2D representation (contour lines and the corresponding model).

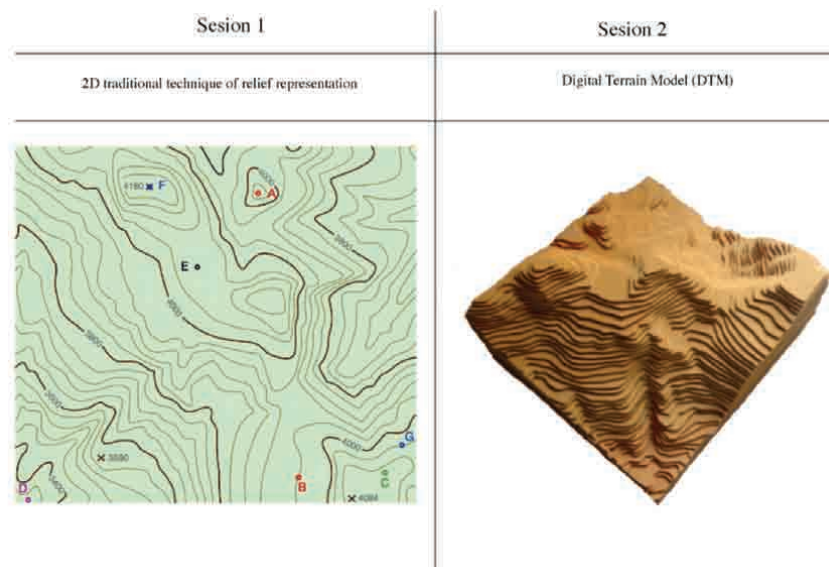


Figure 5. Representations in 2D with traditional cartographic techniques and the version as a model

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

At the end of the workshop, the participants were given a relief interpretation survey (Table 1).

## 2016-17 Workshop

### Participants

The activity took place in the 2016-17 course with eighty-two students of engineering at the University of La Laguna separated into two groups: the treatment group, made up of fifty-seven students and the control group made up of twenty-five students.

Both groups had the creativity measurement carried out at the beginning and at the end of the experiment, although only the treatment group carried out the workshop on the creation of models with low-cost digital manufacturing technologies.

### Procedure

For this activity, two sessions were used, the first of one hour and the second of four hours.

**Session 1 (1 hour):** The students, both the treatment group and the control group, did the TAEC creativity test (Pre-test) so as to have an initial valuation of the creativity of the group.

**Session 2 (4 hours):** In this session, the treatment group did the model-making workshop while the control group did not participate in this phase of the workshop. For the workshop done by the treatment group, the students were divided into sub-groups of four or five participants. Each sub-group of students had to select the place with which they would subsequently work to make the model of the terrain. The students located the land that had been indicated to them and determined the sizes and scales that the model of the land would have. All of this was done with the free SketchUp programme (2016 version).

As an additional task, these students were asked to make a platform on the land and to construct the volume of a building, which would go on that platform. Therefore, each sub-group generated two files in STL format, one of the land and another of the building. The STL file of the building of each sub-group was printed directly on a 3D printer. 3D printers are machines that, working from digital files, make it possible to generate objects by the addition of materials (molten plastic, photo-sensitive resin, etc.). This technology is also known as rapid prototype (Canessa, Fonda & Zennaro, 2013). There are currently several brands such as Cube, BQ or Makerbot among others, which offer devices at low cost that are easy to use. Specifically, the 3D printer used in this workshop was the Makerbot Replicator 2.

For the construction of the model of the land, the 123D Make programme was used. The participants had to construct a model in the same way that it was built in Session 2 of 2015-16 workshop.

Making the right selection is important for any subsequent work on the model of the object, as well as choosing the right manufacturing method, materials and scale. For example, very steep ground will inevitably play a crucial role in the design of the building to be constructed on it; accordingly, the scale model should also represent and be made taking such terrain into account (Stavric et al, 2013). Thus, in the research carried out in this paper, the experiments aimed to incorporate creative aspects to the generation of land models in the sense that the participants adopt different solutions around the resolution of a proposal (definition of the concept of creativity): the height of the esplanade where the building is to be located, the orientation of this esplanade, the location of the building within the selected area, the choice of the inclination of the slopes, the 3D digital scale modelling as well as the scale of deformation of the Z axis to obtain an optimal representation.

Once the students in the treatment group had finished their models, they did the TAEC creativity test again together with the control group (Post Test).

## RESULTS

### Results of the 2015-16 Workshop

At the end of the first workshop, the participants were given a relief interpretation survey (Table 1) with responses on the Likert scale (1 totally disagree, 5 totally agree). In this survey, the first three questions (Q1, Q2, Q3) referred to the improvement in the comprehension of relief, the following three questions (Q4, Q5, Q6) referred to basic concepts associated with three-dimensional interpretation of the land and questions Q7 and Q8 made reference to the 123D Make tool used for the creation of the model. An estimate of the reliability of the questionnaire was calculated using Cronbach's alpha, obtaining a value of 0.78. Cronbach's alpha coefficient could be: >0.9 excellent; >0.8 good; 0.7 acceptable; 0.6 questionable and > 0.5 poor (George & Mallery, 2003).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education

**Table 1.** Relief interpretation survey  
**Relief interpretation survey**

Question	Average (s.d.)
Improvement of comprehension of relief	Q1 The process of making the 3D digital terrain models allowed me to visualize the geographical accidents necessary, improving my understanding of relief. 4.2 (0.56)
	Q2 3D digital terrain models are useful for learning the basic concepts of cartography and topography. 4.34 (0.70)
	Q3 With the 3D terrain model I interpret the shapes of the relief better than with the 2D representation. 4.34 (0.60)
Basic concepts associated with three-dimensional interpretation of the land	Q4 With the 3D terrain model I understand the concept of the contour line better than with the 2D representation. 4.38 (0.79)
	Q5 With the 3D terrain model I understand the concept of the maximum slope line better than with the 2D representation. 4.13 (0.79)
	Q6 With the 3D terrain model I understand the concepts of the longitudinal and transverse profiles better than with the 2D representation. 3.84 (1.05)
123D Make tool	Q7 123D Make is a good tool for making models of land in 3D. 4.4 (0.51)
	Q8 The use of 123D Make to introduce 3D modelling of land in the classroom seems very interesting to me. 4.1 (0.60)

s.d. standard deviation

### Results of the 2016-17 Workshop

The Abreaction Test for Evaluating Creativity scores ranges from 0 to 324 points, since each of the 12 figures can receive a quantitative score of 0 to 3 points for each of the nine variables analysed. That is to say that a student can obtain from 0 to 36 points in each component. **Table 2** shows the creativity results for the treatment group.

**Table 2.** Treatment Group Abreaction Test for Evaluating Creativity

	Pre-test Mean Score (s.d.)	Post-test Mean Score (s.d.)	p-value
<b>Creativity Test Score</b> Range: 0 to 324	84.0 (42.58)	122.0 (43.64)	0.0000
<b>Creativity Components</b> Range: 0 to 36			
Abreaction	12.86 (6.13)	14.61 (5.19)	0.0141
Originality	10.80 (5.97)	15.38 (5.63)	0.0000
Elaboration	6.50 (7.04)	10.94 (5.81)	0.0000
Fantasy	4.85 (5.37)	9.10 (7.27)	0.0000
Connectivity	4.31 (9.99)	7.90 (11.91)	0.0021
Imaginative scope	11.23 (4.45)	20.62 (8.32)	0.0000
Figurative expansion	18.15 (9.59)	26.5 (8.41)	0.0000
Expressive richness	6.87 (3.89)	8.45 (5.16)	0.0158
Graphic skill	8.36 (6.29)	8.55 (6.31)	0.8632

s.d. standard deviation

**Figure 6** shows the results for the creativity components of the treatment group. It shows graphically the increase in each one of the components of creativity. Imaginative Scope and Figurative Expansion are those that have experimented a greater improvement after the realization of the workshop.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

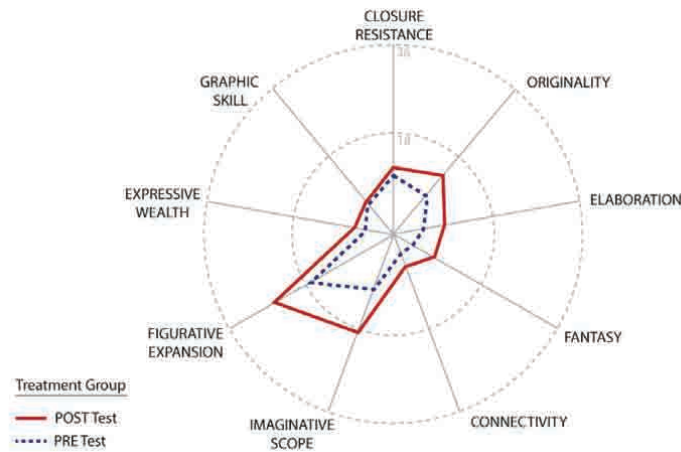


Figure 6. Graph of results by component in the treatment group

To verify that the control group had the same creativity characteristics as the treatment group, a Student t of the values of the Abreaction Test for Evaluating Creativity (pre-test) was performed before the workshop. The difference between these values (84.0 for the treatment group and 85.6 for the control group) was not significant ( $p$ -level=0.85), so it can be said that both groups have similar values for creativity. Table 3 shows the creativity results for the control group.

Table 3. Control Group Abreaction Test for Evaluating Creativity

	Pre-test Mean Score (s.d.)	Post-test Mean Score (s.d.)	p-value
<b>Creativity Test Score</b> Range: 0 to 324	85.6 (37.49)	96.2 (47.76)	0.4766
<b>Creativity Components</b> Range: 0 to 36			
Abreaction	13.83 (5.42)	10.75 (5.19)	0,1250
Originality	12.96 (5.43)	13.56 (5.83)	0,762
Elaboration	9.26 (6.62)	11.86 (8.64)	0,3202
Fantasy	3.18 (2.98)	3.10 (2.73)	0,941
Connectivity	5.17 (9.47)	7.78 (12.13)	0,4784
Imaginative scope	11.03 (6.16)	13.22 (9.88)	0,4139
Figurative expansion	22.05 (9.04)	22.35 (8.88)	0,9244
Expressive richness	5.66 (3.76)	6.64 (6.67)	0,5684
Graphic skill	2.48 (5.06)	6.87 (6.10)	0,0268

s.d. standard deviation

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In accordance with the results of the first experiment, we can conclude that:

Students perceive that this new teaching-learning environment as an innovate educational strategy that helps them to interpret the relief (all questions raised offer values above 3.84 out of 5).

The use of models improves the understanding of relief (Q1, Q2, Q3): the valuation by the students of these three questions is high (values greater than 4 out of 5). In this regard, not only the use of models but also the process of making the models helps towards a greater understanding of the shape of the land.

Basic concepts associated with the three-dimensional interpretation of the land (Q4, Q5, Q6) such as the contour lines, line of maximum slope and longitudinal and/or transverse sections are better acquired using models (the scores of the three questions are over 3.8 out of 5) than with traditional representation of land on maps and plans.

Free tools such as 123D Make (now known as Slicer) are well considered (Q7, Q8) by the students for making models (scores higher than 4 out of 5). Likewise, they consider this new 3D learning environment as very interesting.

In respect to creativity competence, from the analysis of the results of the present research, we can conclude that:

The terrain model creation workshop improves the creative competence of engineering students. In the treatment group, there is a statistically significant difference ( $p$ -value $<0.01$ ) between the pre-test (84.0) and the post-test (122.0) of 36.00 points in the Creativity Test Score. Students exercise their creativity by adopting different solutions around the same problem, in order to adopt the most effective and purposeful fabrication and representation procedure.

Analysing the results of the components of creativity, all the components show a statistically significant improvement except for the component of graphic skill ( $p$ -value = 0.8632). After the workshop, the participants increase in the components of imaginative scope by 9.39 points and figurative expansion by 8.35 points. They are more original (gain = 4.58), and are capable of supplying novel solutions to a specific problem. Originality, as mentioned above, is the most important component of creative competence. In turn, they have a greater capacity for detail and thoroughness (elaboration component: gain = 4.44), so necessary in engineering and the tendency to composition of different parts is increased (connectivity: gain = 3.59). In engineering, the parts or components are the individual elements of a set or sets; it is a concept which is very much present in CAD software. Finally, other components that present an increase are fantasy (gain = 4.25 points) and connectivity (gain = 3.59 points).

It can be said, therefore, that there is an overall improvement in creativity and not only in some of the components of creativity.

The results of the control group in the test of creativity score confirm that those students who did not participate in the creation of land models workshop did not improve in creative competence or in any of the components. This coincides with the experiments cited below, in which students worked in a project-based learning environment and using 3D printers.

The realization of the workshop allows improvements in creativity competence comparable to other experiments carried out with engineers. In order to contextualize the results for creativity in the 2016-17 workshop, there is other research that has measured the improvement of creativity of engineering students using the same test. In 2011, at the University of Valencia, research on creativity was carried out with a group of students of Industrial Design (Lifante Gil, 2011), 15 students had their creativity measured before and after performing a project based learning (PBL) activity. The results of the Creativity Post-Test Score were 112.7 with an improvement of 27.3 points. Also, in the University of La Laguna, an activity was carried out (Saorin et al., 2017) with 44 first year engineering students, in which the participants worked with applications of design and edition of meshes and 3D printers. Participants scored 139.2 in the Creativity Test Score post-test. In both studies, in which a control group was also considered, it was found that students who did not receive specific training did not increase their creativity competence.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research carried out is within the framework of the actions with the Spanish Ministry of Education, Culture and Sport, within the framework of the State Program for the Promotion of Talent and its Employability in I+D+i, State Mobility Subprogram of the State Plan for Scientific and Technical Research and Innovation 2013-2016.

This work has been supported by the University of La Laguna: Innovative Educational Project for the academic year 2017/ 2018 called "3D environments for terrain modelling".

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## REFERENCES

- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. (2004). Libros Blancos.
- Álvarez Prozorovich, F. V. (2011). Rastrear proyectos, contar historias. *Diagonal*, (2011), 10-13.
- Andrade-Lotero, L. A., Espitia-Gómez, C., Huertas-Franco, E. A., Aldana-Ahumada, D. R., & Bacca-Pachón, P. A. (2012). Tocar o mirar: comparación de procesos cognitivos en el aprendizaje con o sin manipulación física. *Revista de Psicología Educativa*, 18(1), 29-40.
- Boardman, D. (1989). The development of graphicacy: Children's understanding of maps. *Geography*, 321-3.
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D printing: for science, education & sustainable development*. ICTP – The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- Carazo E., & Galván N., (2014). EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica. *Aprendiendo con maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura*, (24), 62-71.
- Carazo, E., Martínez, S. (2013). La generación digital. Más notas para el debate sobre una cibernética de la arquitectura. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, 18(22), 50-59.
- Carbonell Carrera, C., & Bermejo Asensio, L. A. (2017). Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking. *Cartography and geographic information science*, 44(3), 259-270.
- Carbonell Carrera, C., Avarvarei, B. V., Chelariu, E. L., Draghia, L., & Avarvarei, S. C. (2016). Map-Reading Skill Development with 3D Technologies. *Journal of Geography*, 116(5), 197-205.
- Carter, G., Patrick, M., Wiebe, E. N., Park, J. C., & Butler, S. M. (2005). Middle grade students' interpretation of topographic maps. Paper presented at the *National Association for Research in Science Teaching NARST*.
- Charyton, C. (2005). *Creativity (scientific, artistic, general) and risk tolerance among engineering and music students* (Doctoral dissertation, ProQuest Information & Learning).
- Charyton, C., & Merrill, J. A. (2009). Assessing general creativity and creative engineering design in first year engineering students. *Journal of engineering education*, 98(2), 145-156.
- Charyton, C., & Snelbecker, G. E. (2007). General, artistic and scientific creativity attributes of engineering and music students. *Creativity Research Journal*, 19(2-3), 213-225.
- Charyton, C., Jagacinski, R. J., & Merrill, J.A. (2008). CEDA: A research instrument for creative engineering design assessment. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(3), 147-54.
- Chassell, L. M. (1916). Tests for originality. *Journal of educational psychology*, 7(6), 317.
- Chueca, M., Salcedo, F., Ferrer, J., Galán, L., & Olivé, J. (2004). White paper title engineer degree in geomatics and surveying. *National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA) Spain*, 118-148.
- Cropley, D. H. (2015). Promoting creativity and innovation in engineering education. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(2), 161-171. doi:10.1037/aca0000008
- Cropley, D. H., & Cropley, A. J. (1999). *Creativity and innovation in systems engineering* (Doctoral dissertation, Systems Engineering Society of Australia).
- Cropley, D. H., & Cropley, A. J. (2000). Fostering creativity in engineering undergraduates. *High ability studies*, 11(2), 207-219.
- Daly, S. R., Mosykowski, E. A., & Seifert, C. M. (2014). Teaching creativity in engineering courses. *Journal of Engineering Education*, 103(3), 417-449. doi:10.1002/jee.20048
- De la Torre, S. (1991). *Evaluación de la creatividad*. Test de abreacción para evaluar la creatividad. TAEC.
- Dewulf, S., & Baillie, C. (1999). *CASE: Creativity in Art, Science and Engineering: How to foster creativity*. Great Britain Department for Education and Employment.
- Elliott, M. (2001). The well-rounded IE: Breakthrough thinking. *IE Solutions*.
- George, D., & Mallery, M. (2003). *SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gobert, J. D. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455.
- Kazerounian, K., & Foley, S. (2007). Barriers to creativity in engineering education: A study of instructors and students perceptions. *Journal of Mechanical Design*, 129(7), 761-768.
- Kirkpatrick, E. A. (1907). A broader basis for psychology necessary. *The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods*, 4(20), 542-546.
- Knoll, W. & Hechinger, M. (2005). *Maquetas de arquitectura, Técnicas y construcción*. 6ª Ed. Barcelona: Ed. Gustavo Gili S.A.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

*Carbonell-Carrera / Creativity in Surveying Engineering Education*

- Lanca, M. (1998). Three-dimensional representations of contour maps. *Contemporary educational psychology*, 23(1), 22-41.
- Lifante Gil, Y. (2011). *Ingenieros Creativos*. Valencia: Editorial Alfa Delta Digital.
- Liu, Z., & Schonwetter, D. J. (2004). Teaching creativity in engineering. *International Journal of Engineering Education*, 20(5), 801-808.
- Project, Competences Tuning. (2016). Retrieved from <http://www.unideusto.org/tuningeu/home.html>
- Saorín, J. L., De La Torre, J., Melián, D., Meier, C., & Lifante, Y. (2015). Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería. *Artículo presentado al congreso al III Congreso sobre aprendizaje, innovación y competitividad. CINAIC*. Madrid, Spain.
- Saorín, J. L., Melián Diaz, D., Bonnet, A., Carbonell-Carrera, C., Meier, C., & De la Torre, J. (2017). Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 188-198. doi:10.1016/j.tsc.2017.01.004
- Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16(4), 361-388.
- Spanish Cabinet's Office. (2007). Royal Decree 1393/2007 from October 29th. State's Official Bulletin. Retrieved on 1 May 2013 from <http://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-18770-consolidado.pdf>
- Stavric, M., Sidanin, P., & Tepavcevic, B. (2013). *Architectural scale models in the digital age: design, representation and manufacturing*. Basel: Birkhäuser.
- Sternberg, R. J. (1999). *Estilos de pensamiento*. Paidós Iberica, Ediciones S. A..
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. Free Press.
- Stouffer, W. B., Russell, J. S., & Oliva, M. G. (2004, June). Making the strange familiar: Creativity and the future of engineering education. In *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition* (pp. 20-23).
- Tulla, A., Busto, J. R., Gabilondo, A., Ruiz-Rivas, C., Laka, J. P., & Roselló, G. (2004). White Paper Degree in Geography and Planning, 177-186. Madrid: National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA).
- Weisberg, R. (1986). *Creativity: Genius and other myths*. WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Zappe, S. E., Reeves, P. M., Mena, I. B., & Litzinger, T. A. (2015). A cross-sectional study of engineering students' creative self-concepts: An exploration of creative self-efficacy, personal identity, and expectations. Paper presented at 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington. 10.18260/p.23373
- Zappe, S., Mena, I., & Litzinger, T. (2013, January). Creativity is not a purple dragon. In *National Collegiate Inventors and Innovators Alliance. Proceedings of the... Annual Conference* (p. 1). National Collegiate Inventors & Innovators Alliance.
- Zevi, B. (1997). *Storia e controscoria dell'architettura in Italia*. Newton & Compton.

<http://www.ejmste.com>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## PUBLICACIÓN Nº: 07

---

*Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica  
y el fomento de la competencia creativa*

**ABE. Advances in Building Education**

Volúmen 1, Número 1, pp. 11-26

BASE DE DATOS :

**MIAR, DOAJ, LATINDEX** (en evaluación)

(Revista creada en el año 2017)

2017

.....

Dámari Melián Díaz

Carlos Carbonell Carrera

José Luis Saorín Pérez

Jorge de la Torre Cantero

Norena Martín Dorta



Anexo I 85

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

2018 LIVE

MIAR

Matriz de Información para el Análisis de Revistas

Versión 2018 live

Inicio | ¿Qué es MIAR? | Buscar | Gestión... | Sugerir revista | Iniciar sesión | Contacto | català | english

>> Inicio

ADVANCES IN BUILDING EDUCATION / INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EDIFICACIÓN

ISSN 2530-7940	Verificar	Información del editor
Título	ADVANCES IN BUILDING EDUCATION / INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EDIFICACIÓN	
País	España	
URL	<a href="http://ojs.uclm.es/index.php/abe">http://ojs.uclm.es/index.php/abe</a>	
Ámbito	EDUCACIÓN	
Campo académico	EDIFICACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	
Indizada en	DOAJ	
Evaluada en	Directory of Open Access Journals	
ICDS	ISSN: 2530-7940 Está en una base de datos de indexación y resumen o en DOAJ ( DOAJ ) = 43 Antigüedad = 1 años (fecha inicio: 2017) Periódico: log <sub>2</sub> (1) = +0.0 ICDS = 3.0	

ICDS actualiz  
ISSN 2530-7940

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

Advances in Building Education

5/10/18 10:59



INICIO ACERCA DE BUSCAR ARCHIVOS ACTUAL

Inicio > Advances in Building Education

## Advances in Building Education

ABE (Advances in Building Education / Innovaci-n Educativa en la Edificaci-n) es un Open Access peer-reviewed research journal, promoted by the Department of Building Technology in the Escuela Tcnica Superior de Edificaci-n at the Universidad Politcnica de Madrid.

The main objective of the Journal is to share the knowledge of new initiatives and to encourage the exchange of experiences and ideas on educational innovation in the scope of Building, Architecture, Engineering and Construction. This is aimed at discussing the role of education in the professional development of the future experts that will take place in the building process of our cities.

ABE (Advances in Building Education / Innovaci-n Educativa en la Edificaci-n) es una publicaci-n peri-dica de carcter cuatrimestral, perteneciente al "mbito de la educaci-n universitaria en Edificaci-n, Arquitectura, Ingeniera y Construcci-n. ABE es una revista "open access" que no aplica cargo alguno a los autores por procesar o publicar un artculo

El objetivo fundamental es fomentar la informaci-n sobre nuevas iniciativas y el intercambio de nuevas ideas en materia de innovaci-n educativa. Con ello, se pretende poder debatir sobre el papel que desempe-a la educaci-n universitaria en el desarrollo profesional.

Esta publicaci-n est enfocada a un pblico internacional y, en especial, a docentes, investigadores, estudiantes y todo aquel que est interesado en cuestiones de carcter pedaggico.

Los temas que incluye esta la revista, sin ser limitativos, son los relacionados con la innovaci-n educativa en especial referentes a materias como:

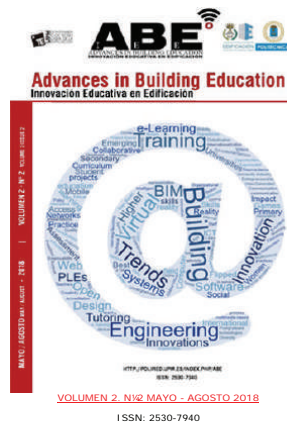
- Arquitectura e Ingeniera
- Urbanismo, Ordenaci-n del territorio y Movilidad
- Edificaci-n
- Construcci-n
- Desarrollo humano (Psicologa del aprendizaje, Neuroaprendizaje, E)
- Nuevas tecnologas (TIC, Redes Sociales, MOOCs, BIM, Augmented reality, Realidad virtual, etc)
- Material docente innovador
- Evaluaci-n del aprendizaje
- Adaptaci-n de estudios de primaria o secundaria a las carreras tcnicas.

Env'o de artculos:

[abe.editor.edificacion@upm.es](mailto:abe.editor.edificacion@upm.es)

Informaci-n sobre la revista y directrices para autores:

[informaci-n y directrices.pdf](#)



ISSN: 2530-7940

USUARIO/A

Nombre de usuario/a

Contrase-a

No cerrar sesi-n

Iniciar sesi-n

CONTENIDO DE LA REVISTA

Buscar

ambio de la busequeda

Todo

Buscar

Examinar

- Por nombre
- Por autor/a
- Por título
- Otras revistas
- Categorías



TAMA, O DE FUENTE

IDIOMA

Escoje idioma

Espa-ol (Espa-a)->

Enviar

Ayuda de la revista

INFORMACI-N

- Para lectores/as
- Para autores/as
- Para bibliotecarios/as

<http://polired.upm.es/index.php/abe/index>

Página 1 de 1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente direcci-n <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificaci-n: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica  
y el fomento de la competencia creativa

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta



## Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa

### Digital manufacturing of 3D DTM models to enhance cartographic interpretation & creative competence

Dámari Melián Díaz <sup>1</sup>, Carlos Carbonell Carrera <sup>1</sup>, José Luis Saorín Pérez <sup>1\*</sup>, Jorge de la Torre Cantero <sup>1</sup>, Norena Martín Dorta <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de La Laguna, España.  
\*Corresponding author email: email: jlsaorin@ull.edu.es

Recibido: 21/02/2017 | Aceptado: 11/04/2017 | Fecha de publicación: 30/04/2017  
DOI: En proceso

#### TITULARES

- Fabricación digital 3D de bajo coste.
- Maquetas de terreno.
- Creatividad en la interpretación del relieve.

#### HIGHLIGHTS

- Low-cost 3D digital manufacturing.
- Model of terrain.
- Creativity with the Interpretation of the relief.

Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación | ISSN: En proceso |  
[http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | X/XX |

1 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

*Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta*

## RESUMEN

En educación superior, para las titulaciones de ingeniería y arquitectura es precisa la adquisición y desarrollo de competencias como la creatividad y la visión espacial. La competencia espacial se puede desarrollar mediante la realización de ejercicios y la creatividad mejora, si el diseño de los ejercicios permite múltiples soluciones. La comprensión del relieve topográfico es necesaria para la integración de proyectos de arquitectura e ingeniería en el entorno. Sin embargo, en la formación universitaria se han detectado carencias para la interpretación de las formas del relieve. Las maquetas de terreno, pueden ayudar a suplir esta carencia. La aparición de tecnologías de fabricación digital de bajo coste permiten la creación de maquetas de terreno y su incorporación en la docencia reglada. En este artículo se presentan los resultados de dos experiencias. En la primera, llevada a cabo durante el curso 2015-16 con 33 alumnos universitarios, se realizan maquetas topográficas utilizando secciones apiladas, con el objetivo de mejorar la interpretación tridimensional de las formas del terreno. La segunda parte de la experiencia, llevada a cabo durante el curso 2016-17 se realiza con alumnos de Máster. Se trata de una validación preliminar, con pocos alumnos, en la que se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para medir la variación de la competencia creativa en los alumnos se utiliza el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC), antes y después de la experiencia.

**Palabras clave:** *Fabricación digital 3D de bajo coste; Maquetas de terreno; Interpretación del relieve; Competencias espaciales, Creatividad.*

## ABSTRACT

In higher education, engineering and architecture degrees require the acquisition and development of skills such as creativity and spatial ability. Space competence can be developed by performing exercises and the creativity improves, if the design of the exercises allows multiple solutions. The understanding of topographic relief is necessary for the integration of architectural and engineering projects in the environment. However, in the university context deficiencies have been detected for the interpretation of the relief forms. Land models can help to fill this gap. The emergence of low cost digital manufacturing technologies allows the creation of terrain models and their incorporation for teaching. This article presents the results of two experiences. In the first one, carried out during the 2015-16 academic year with 33 university students, topographic models are made using stacked sections, with the aim of improving the three-dimensional interpretation of the terrain forms. The second part of the experience, performed during the 2016-17 course is carried out with Master's students. This is a preliminary validation, with few students, which seeks to incorporate creative aspects to the realization of land models. To measure the variation of creative competence in students, the Creativity Abreaction Test (TAEC) is used, before and after the experience..

**Keywords:** *Low-cost 3D digital manufacturing; 3D DTM models; relief interpretation; Spatial competences, Creativity.*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica  
y el fomento de la competencia creativa**

*Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta*

## 1. INTRODUCCIÓN

La interpretación del relieve para la integración de proyectos arquitectónicos en un entorno paisajístico es un reto al que profesionales de la arquitectura se enfrentan a diario. En la representación del relieve se han venido utilizando técnicas cartográficas como las curvas de nivel, los sombreados y las tintas hipsométricas, por citar los más representativos. Estas técnicas, combinadas con la modelización digital de terrenos y su integración en entornos BIM, facilitan la representación tridimensional, pero en arquitectura e ingeniería es frecuente recurrir al empleo de maquetas para obtener una representación 3D tangible, que complemente a su versión digital. Cazaro y Martínez, [1] afirman que la tecnología digital está dirigiendo la producción gráfica hacia un nuevo realismo y un nuevo materialismo o materialidad virtual, y concluyen que el mundo del dibujo virtual del ordenador también ha provocado, en paralelo, conexiones directas con el mundo real, a través de lo que se ha dado en llamar fabricación digital [2].

A su vez, en entornos educativos donde los planos son ampliamente utilizados (ingeniería y arquitectura), el empleo de maquetas ayuda a la comprensión del espacio tridimensional. Numerosos investigadores han estudiado las dificultades de los estudiantes en la interpretación del relieve cartográfico: Boardman [3] detectó problemas en la interpretación de curvas de nivel; Carter, Patrick, Wiebe, Park y Butler [4] concluyeron que los estudiantes tienen dificultades en la transición entre las representaciones 2D y su interpretación 3D; Lanca [5] estudió la capacidad de los alumnos para crear representaciones transversales 3D de mapas

topográficos, sugiriendo la necesidad de profundizar en estrategias específicas para la comprensión de mapas topográficos.

La lectura e interpretación de mapas topográficos implica un esfuerzo a nivel cognitivo para los usuarios de documentos cartográficos, al estar la información jerarquizada, estructurada y representada a través de símbolos, unido al desafío de interpretar información espacial tridimensional (el relieve cartográfico) representada en un entorno bi-dimensional [6] que reproduce el relieve topográfico a través de diversas técnicas cartográficas.

En el marco del Espacio Europeo de Educación Superior, un modelo basado no solo en la adquisición de competencias, sino en el desarrollo de habilidades y competencias, [7,8], existen un gran número de competencias y resultados de aprendizaje relacionados con el pensamiento espacial y la representación del relieve [9,10]: conocimiento de los elementos del mapa y las formas de representación del relieve, modelización del medio natural, conocimiento y manejo de las herramientas informáticas precisas para el cálculo, procesado, análisis, representación y gestión del dato, representación cartográfica de elementos geomorfológicos, reconstrucción tridimensional y modelización virtual, conocimiento de los procesos y las formas de relieve terrestre hacia su integración en el análisis del paisaje y planificación [11].

Este conjunto de competencias y resultados de aprendizaje componen el denominado pensamiento espacial. El pensamiento espacial es considerado por numerosos autores e instituciones educativas [12,13,14,15,16,17,18] como imprescindible para completar con éxito

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

*Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>*

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

estudios superiores en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, recogidos bajo el acrónimo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Así como en el entorno educativo europeo, en el ámbito universitario norteamericano existen también un gran número de titulaciones con contenidos relacionados con el pensamiento espacial [19]. Por todo esto se hace necesario el fomento de actividades, tecnologías y metodologías docentes que estimulen y desarrollen el pensamiento espacial, dado el gran número de competencias y resultados de aprendizaje relacionados con el pensamiento o razonamiento espacial.

Autores como Kim & Bernarz [20] consideran que interpretación de mapas puede ser considerada como una componente importante del pensamiento espacial, dado que el pensamiento espacial preconiza el empleo de representaciones del espacio. Así, en el ámbito topográfico, el razonamiento espacial comprende el empleo de representaciones cartográficas, gráficos, símbolos y modelos [21]. La representación mental de la información cartográfica implica la destreza para la interpretación del relieve. Esto supone todo un desafío para los usuarios noveles de mapas y planos [22], que a través del pensamiento espacial deben ser capaces de detectar accidentes geomorfológicos y formas del relieve específicas como colinas, valles, divisorias, collados y vaguadas entre otras formaciones.

Para la adquisición de estas competencias espaciales, diversos estudios han demostrado que un contenido se aprende más rápido mediante el uso de objetos tridimensionales [23]. En ámbitos educativos, los objetos y modelos en 3D son utilizados de manera habitual en diferentes disciplinas, como en la enseñanza de la arquitectura (maquetas) y para

el dibujo técnico y las vistas normalizadas (piezas técnicas). Sin embargo, en estos casos las maquetas ya están construidas: la creación de maquetas es una actividad que da un paso más en el proceso de aprendizaje. Álvarez [24] señala la maqueta como un elemento didáctico de primer orden.

En este artículo se presenta una tecnología de fabricación digital de bajo coste para la creación de maquetas mediante secciones apiladas, en el que se emplean aplicaciones como Autodesk 123D Make y Google SketchUp, que al ser gratuitas facilitan su implantación en la docencia. Para medir el impacto de esta tecnología en la interpretación del relieve topográfico se lleva a cabo un taller en el que estudiantes universitarios elaboran maquetas de terreno y realizan una serie de ejercicios que combinan la representación 2D convencional con la obtenida a través de las maquetas. Por otra parte, se realiza también otra experiencia con un número reducido de alumnos para obtener una validación preliminar de los aspectos creativos asociados a la realización de maquetas de terrenos.

### 1.1 Maquetas: desde el cartón a la fabricación aditiva

En la práctica profesional, las maquetas son utilizadas como herramientas auxiliares en la realización de proyectos arquitectónicos: la maqueta comparte con el dibujo una gran síntesis expresiva, lo que la convierte en un certero instrumento de conocimiento que entra a formar parte del engranaje básico de la materialización y concreción física de la idea del proyecto [25]. En ámbitos docentes, a su vez, ha sido frecuente el empleo de maquetas topográficas para el entendimiento de los terrenos de manera rápida y clara [26]. En la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

figura 1, se muestra una maqueta utilizada en la Universidad de La Laguna para la asimilación de contenidos relacionados con el desmonte y terraplén de terrenos.

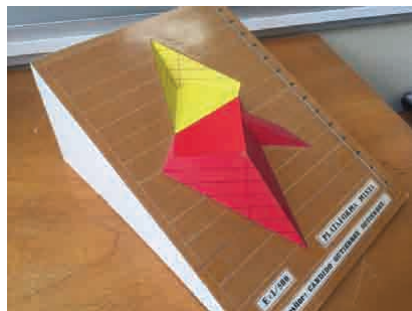


Fig.1. Maqueta descriptiva de taludes de desmonte y terraplén por planos acotados.

Las maquetas constituyen un excelente material didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la lectura, interpretación y realización de los planos que definen un proyecto o sus diferentes elementos [27], así como un poderoso instrumento de análisis arquitectónico [28].

Los procesos y materiales tradicionales de fabricación (escayola, madera, corcho, cartón...) están siendo sustituidos por la modelización digital de terrenos obtenida a través de observaciones topográficas, escaneo laser tridimensional o técnicas fotogramétricas. Una manera de simplificar es utilizar aplicaciones gratuitas como Google SketchUp que permite geolocalizar un proyecto partiendo de los datos de Google Earth (Figura 2). Este modelo se puede exportar en formato STL, un formato comúnmente utilizado en procesos de fabricación digital.

Las nuevas tecnologías permiten la fabricación de maquetas a partir de modelos digitales de terreno, a través de Tecnologías de fabricación digital accesibles y de bajo coste.

Las tecnologías de fabricación digital no son recientes, sin embargo es en los últimos años cuando se ha producido un abaratamiento de las mismas que las hacen accesibles en entornos educativos. Este abaratamiento se ha producido tanto en el hardware como en el software, y la tendencia de grandes compañías de software, como Autodesk o 3DSystems, es proporcionar algunas de sus aplicaciones de forma gratuita, como las utilizadas en esta investigación. En el terreno del hardware, los precios han descendido de forma considerable con la aparición de nuevas empresas que fabrican y distribuyen dispositivos para la fabricación digital.

Las impresoras 3D son máquinas que, a partir de ficheros digitales, permiten generar objetos mediante adición de material (plástico fundido, resina fotosensible, etc.). A esta tecnología se la conoce también como prototipado rápido [29]. Actualmente existen varias marcas como Cube, BQ o Makerbot entre otras, que ofrecen dispositivos de bajo coste y fácil manejo.

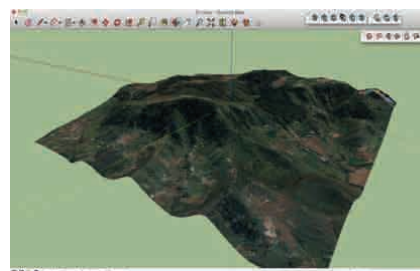


Fig. 2. MDT Google SketchUp.



ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

Para la realización de maquetas de terreno, las impresoras 3D permiten la reproducción del terreno a través de capas sucesivas impresas en plástico fundido. Su acabado es muy preciso, pero según el tamaño de la maqueta existen limitaciones debido a la superficie de impresión. Además, se precisa de mucho tiempo para su ejecución. Por este motivo, para que el alumno participe en la ejecución de la maqueta dentro del horario de clase, es preciso recurrir a tecnologías de fabricación aditiva basadas en la creación de objetos 3D a partir de secciones apiladas, que en el caso que nos ocupa representan las curvas de nivel. Partiendo, por tanto, del fichero STL, y con aplicaciones de software gratuitas como Autodesk 123D Make se generan las secciones, que posteriormente servirán de plantilla para la ejecución de la maqueta.

La aplicación Autodesk123D Make ha cambiado recientemente de denominación, pasando a ser Autodesk Slicer.

### 1.2 Creatividad en arquitectura e ingeniería

Actualmente el plan de estudios de la Educación Superior está diseñado en base a la adquisición de habilidades. El término "competencia" viene definido por la Comisión Europea como la capacidad demostrada para utilizar los conocimientos y habilidades, siendo el conocimiento el resultado de la asimilación de información que tiene lugar a lo largo del aprendizaje.

En educación superior, para las titulaciones de ingeniería y arquitectura es precisa la adquisición y desarrollo de competencias como la creatividad y la visión espacial.

La capacidad de visión espacial es considerada por varios autores como fundamentales para la

realización de tareas de ingeniería [30]. El grupo de investigación para el desarrollo de habilidades espaciales (DEHAES, <http://dehaes.webs.ull.es>), de la Universidad de La Laguna, trabaja en el estudio de tecnologías de representación 3D y metodologías docentes innovadoras para la mejora de las competencias espaciales en alumnos de ingeniería y arquitectura [31]. Entre estas tecnologías tridimensionales destacan la realidad aumentada, los dispositivos móviles y las impresoras 3D [32,33].

En relación a la competencia creativa, existen numerosos estudios que contemplan diferentes definiciones sobre creatividad. Las opiniones para definir este concepto son dispares llegando incluso a asumirla como irrealizable [34]. Alonso Monreal [35] define la creatividad como «la capacidad de utilizar la información y los conocimientos de forma nueva, y de encontrar soluciones divergentes para los problemas». Por su parte, Blanco [36] explica que esta es «la capacidad o aptitud para generar alternativas a partir de una información dada, poniendo el énfasis en la variedad, cantidad y relevancia de los resultados. Se trata de cualquier acto, idea o producto que transforma un campo ya existente en uno nuevo». Estas dos últimas definiciones son las que más se acercarán al concepto que se busca en alumnos de Ingeniería, el de buscar diferentes soluciones a un mismo problema.

La definición y clasificación de las competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior se basa en el proyecto Tuning [37]. Este proyecto incluye, como una competencia genérica, la capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) y en las universidades españolas se mencionan en los libros blancos de Ingenierías [38]. La importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería es un aspecto cada vez más

Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación | ISSN: En proceso | [http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | X/XX |

6 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

*Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta*

importante en muchos países, aunque todavía no es un enfoque generalizado [39].

Además, las instituciones como la Academia Nacional de Ingeniería en los EE.UU. en su informe estratégico El Ingeniero de 2020, afirma que las Humanidades y las Ciencias Sociales, Comunicación y Habilidades de presentación son más, o al menos igual de importantes que el conocimiento técnico de un ingeniero profesional. Precisamente, en este informe en particular, se dice, "Es apropiado que los ingenieros sean educados para entender y apreciar la historia, la filosofía, la cultura y las artes, junto con los elementos creativos de todas estas disciplinas".

Debido a esto, las escuelas no deberían seguir enseñando disciplinas aisladas, sino avanzar hacia una educación centrada en el humano. Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) deben incluir Arte y Diseño para favorecer la creatividad junto con el razonamiento y por lo tanto, tienden a un nuevo acrónimo para producir vapor ("A" es para las Artes y el Diseño). Este nuevo concepto hace hincapié en el pensamiento a largo plazo para los profesionales de la ingeniería, ya que toma en cuenta el hecho de que el mundo se ha movido en una fase de cambio continuo en el que tienen que estar constantemente adaptándose a las nuevas realidades de trabajo [40].

Los test de creatividad se originan en la Segunda Guerra Mundial, momento en que las fuerzas aéreas encargaron a J.P. Guilford, psicólogo de la Universidad de California, que estudiara la manera de seleccionar pilotos que, ante una situación de emergencia, reaccionaran con una conducta original, con la que el piloto lograra salvar tanto su vida como el avión. Tras la investigación de este autor, se han publicado más de 155 recursos para

evaluar la creatividad. No obstante, con anterioridad a Guilford, ya se habían evaluado los indicadores de la creatividad por parte de otros autores en los campos de la música y las artes visuales. Es más, la evaluación de indicadores como la individualidad y el asociacionismo se remonta a 1910.

Se ha considerado apropiado explicar brevemente los 4 instrumentos de medida más utilizados en España donde se mencionan los rasgos que se valoran en cada instrumento, los factores que estudia, y su adecuación o no para el objeto de análisis que nos ocupa:

- La batería de la creatividad de Guilford: Este instrumento valora los rasgos de fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboración y sensibilidad. Analiza los factores fundamentales correspondientes al pensamiento divergente, por ser este el que se interpreta de ordinario como correspondiente a la creatividad.
- Los Test de Pensamiento Creativo de Torrance: Los rasgos que se valoran en este test son los de fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboración, inventiva y penetración. Estudia una capacidad creativa general, busca modelos del proceso creador en su desarrollo natural, lo que a su vez confiere a los test una capacidad de manejo metodológico más accesible y una buena fiabilidad de los resultados.
- El test CREA de Corbalán: Esta herramienta se puede aplicar con individuos de 6 años de edad en adelante, tanto hombres como mujeres, y resulta útil en los ámbitos clínico, educativo y organizacional, y en la práctica de las artes, diseño y publicidad. A diferencia de la batería de Guilford, que toma en consideración los cinco factores anteriormente mencionados, el test CREA

Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación | ISSN: En proceso |  
[http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | 1/11 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

propone una medida única de la creatividad, ya que se estudia como un estilo psicológico. Así, el CREA utiliza como procedimiento para medir la creatividad la capacidad del sujeto para elaborar preguntas, que sirven como indicador.

- El test de Abreacción para Evaluar la Creatividad (TAEC). Esta prueba se puede aplicar desde preescolar hasta la edad adulta, es un test gráfico-inductivo de complejión de figuras, es por este motivo por el que se ha elegido este test para realizar esta experiencia.

El instrumento usado para medir la creatividad en la segunda experiencia que se presenta en este trabajo es el Test de Abreacción de la Creatividad, TAEC de Saturnino de la Torre [41]. Se ha elegido este entre todos los existentes debido a que es un test gráfico-inductivo de complejión de figuras, muy adecuado para ser usado en el contexto de la asignatura de Expresión Gráfica por parte de las carreras de Ingeniería y Arquitectura.

Este test (Figura 3) se puede aplicar a alumnos de diferentes edades, desde preescolar hasta la edad adulta ya que cuenta con dos variables según la edad del usuario. Carece de Instrucciones específicas, pudiendo ser utilizado por cualquier profesor sin conocimientos previos sobre el tema. Tampoco presenta dificultades en la realización por parte del sujeto, por tanto tiene plena libertad en la forma de realizarlo.

En lo que concierne a su estructura, el test se compone de 12 figuras con un total de 36 aberturas, en posiciones, formas y reclamos diversos. Una vez el alumno realiza sus dibujos o composición global, se valoran los rasgos de resistencia al cierre, originalidad, elaboración, fantasía, conectividad (integración creativa),

alcance imaginativo, expansión figurativa, riqueza expresiva, habilidad gráfica, morfología de la imagen y estilo creativo, a través del estímulo gráfico. También se tiene en cuenta el tiempo que el alumno tarda en realizarlo.

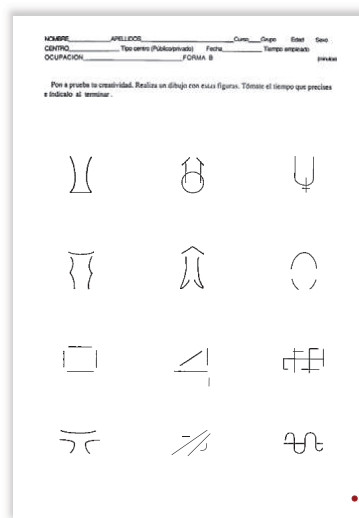


Fig. 3. Test de Abreacción de la Creatividad, TAEC.

Para la valoración se utilizan dos criterios, uno global y otro analítico. La estimación global permite situar de una manera rápida el estado del Sujeto, en un nivel Bajo, Medio o Alto. Sin embargo, la valoración analítica de cada una de las figuras permite cuantificar los resultados y obtener estudios comparativos.

Es un instrumento que ha servido para comparar la creatividad en distintos países y personas con diferente lengua por su facilidad de utilización en cualquier cultura. Asimismo, ha resultado muy útil para probar de una manera preliminar el progreso en creatividad de un grupo de alumnos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

*Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta*

En este contexto creativo-tecnológico es preciso, por tanto, además de una dotación tecnológica adecuada, el diseño de actividades que permitan aprovechar todo el potencial creativo de los alumnos en su entorno de enseñanza-aprendizaje. En la Universidad de La Laguna, donde se realiza este estudio, ya se ha llevado a cabo un taller<sup>1</sup> de modelado 3D para introducir aspectos del arte y el diseño en carreras técnicas (STEAM), en el ámbito de asignaturas de Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador de grados de Ingeniería y Arquitectura [42].

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

En este artículo se presentan los resultados de dos experiencias en esa línea. En la primera, llevada a cabo durante el curso 2015-16 con 33 alumnos universitarios, se realizan a partir de cinco modelos 3D digitales de terrenos, maquetas topográficas utilizando secciones apiladas. El objetivo de esta experiencia es mejorar la interpretación tridimensional de las formas del terreno. La segunda parte de la experiencia, llevada a cabo durante el curso 2016-17 se realiza con alumnos del Máster del profesorado. Se trata de una validación preliminar, con pocos alumnos, en la que se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para ello los alumnos escogen la zona que quieren representar, y determinan los tamaños y escalas con las que trabajar. Una vez escogido el terreno, se crea la maqueta digital 3D y se fabrica a posteriori con las técnicas de la experiencia anterior. Para medir la variación de la competencia creativa en los alumnos se utiliza el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC), antes y después de la experiencia.

<sup>1</sup> <http://www.anfore3d.com/#!anfore-stella-3d/c1vii>

### 2.1 Experiencia I: Mejora de interpretación de terrenos

La actividad se desarrolló durante el curso académico 2015-2016 con 33 estudiantes de Ingeniería de la Universidad de La Laguna separados en 11 grupos de tres componentes.

#### Sesión 1:

Se facilitan cinco mapas en papel, en los que el relieve del terreno se representa a través de diferentes técnicas cartográficas 2D: curvas de nivel, ortofotos, tintas hipsométricas combinadas con curvas de nivel, escalas de color y sombreado cenital oblicuo con tintas hipsométricas combinadas con curvas de nivel. Cada tipo de representación contiene una serie de preguntas sobre la interpretación del terreno que los alumnos deben identificar en el mapa: rutas, líneas de máxima pendiente, elevaciones, colinas, líneas divisorias, vaguadas, vértices y depresiones

#### Sesión 2:

A partir de los cinco mapas de la sesión 1, se les entrega a los alumnos los terrenos representados en formato 3D digital (STL) y se lleva a cabo la construcción de la maqueta. Con el programa 123D Make los alumnos tienen que construir una maqueta de 15 x 15 cm utilizando la técnica de fabricación denominada Stacked Slices (secciones apiladas). Utilizando esta técnica, el programa genera secciones de terreno horizontales, similares a las curvas de nivel. El espesor de cada sección (en función del material utilizado) y la forma del terreno, determinarán el número de partes que constituirá la maqueta (Figura 4).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

Una vez impresas las plantillas de las secciones en papel, se pegan sobre etilvinilacetato, para recortarlas y proceder a pegar las capas por orden (Figura 5). Este material, también conocido como goma EVA, es barato y fácil de cortar con cúter y/o tijeras. Cada pieza está numerada y si el montaje del terreno presentara alguna dificultad, se puede recurrir al vídeo de montaje que ofrece el programa.

Terminada la maqueta, los alumnos comprueban las respuestas dadas a las preguntas sobre la interpretación del relieve formuladas en la sesión 1 con la representación 2D, comparando si la comprensión del espacio expresado a través de un mapa se corresponde con su vista tridimensional. La figura 6 muestra un tipo de representación (curvas de nivel) 2D y su correspondiente maqueta.

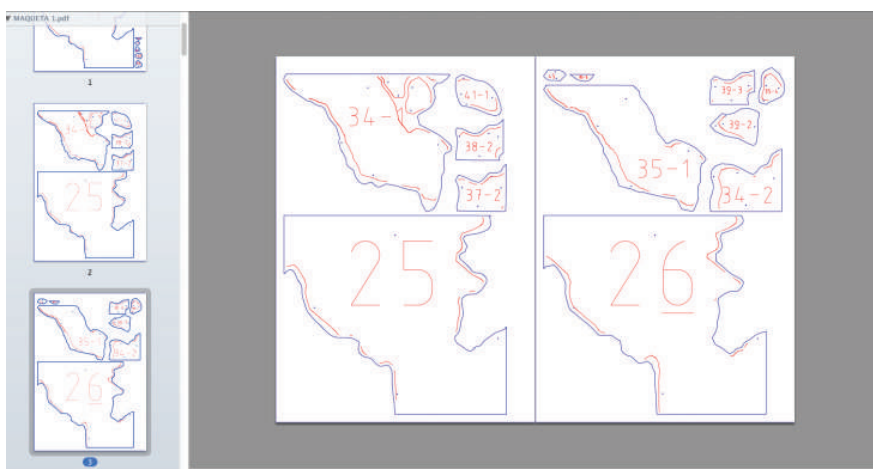


Fig. 4. Secciones.



Fig. 5. Pegado de secciones de etilvinilacetato y creación de maqueta.

Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación | ISSN: En proceso |  
[http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | X/XX |

Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica  
 y el fomento de la competencia creativa

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

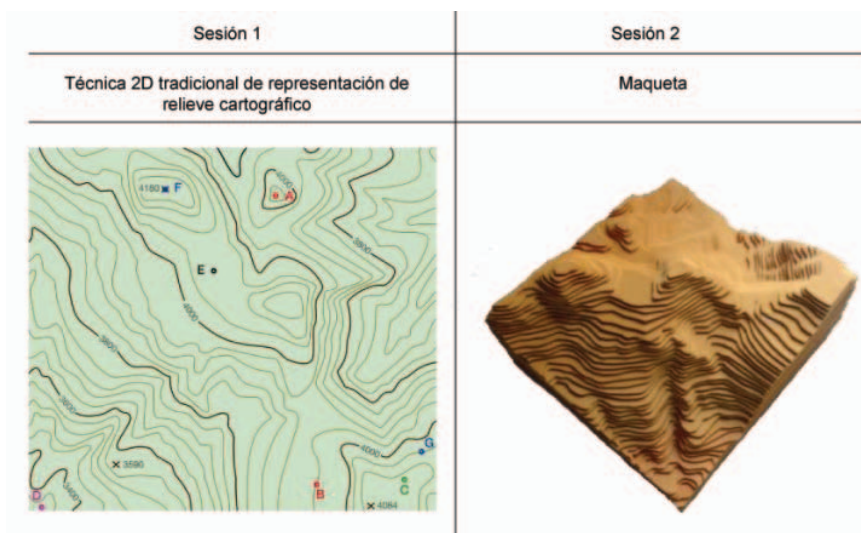


Fig. 6. Representaciones 2D con técnicas cartográficas tradicionales y su versión en maqueta.

## 2.2 Experiencia II: Fomento de la creatividad

En esta experiencia, a diferencia de la actividad anterior donde los alumnos realizaban maquetas de terrenos ya dados, se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para ello los alumnos escogen la zona que quieren representar y determinan los tamaños y escalas con las que trabajar. Se ha realizado con pocos alumnos al objeto de disponer de una primera valoración preliminar de los aspectos creativos.

Esta actividad se realizó con 3 alumnos del Máster de Formación del profesorado en la especialidad de Informática. Se dedicaron dos sesiones para la realización de esta actividad, la primera de 1 hora y la segunda de 4 horas.

### Sesión 1:

Los alumnos realizan al finalizar la clase habitual el test de creatividad TAEC (Pre test) al objeto de disponer de una valoración inicial de los valores de creatividad del grupo.

### Sesión 2:

Los participantes, seleccionan individualmente el lugar con el que posteriormente van a trabajar para realizar la maqueta del terreno. Los alumnos podían escoger en función de sus intereses personales la zona geográfica de la maqueta, (zonas significativas en su vida diaria), los lugares escogidos fueron una montaña sagrada de los guanches al sur de la isla de Tenerife, la desembocadura de un



ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

barranco en la isla de La Palma y por último una montaña emblemática de un municipio del norte de Tenerife.

Cada alumno localizó y generó el modelo .STL de su terreno con el programa SketchUp, y siguió el mismo procedimiento para la realización de su maqueta que realizaron los alumnos de la Experiencia I en la Sesión 2. Una vez los alumnos terminan sus maquetas, realizan de nuevo el test de creatividad TAEC (Post Test).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar las dos experiencias anteriormente descritas, se han obtenido los siguientes resultados:

Al finalizar la primera experiencia, los participantes se someten a una encuesta de satisfacción (Tabla 1) con respuestas en escala de Likert (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo). En esta encuesta, las tres primeras preguntas (Q1, Q2, Q3) se refieren a la mejora de la comprensión del relieve, las siguientes tres preguntas (Q4, Q5, Q6) se refieren a conceptos básicos asociados a la interpretación tridimensional del terreno y las preguntas Q7 y Q8 hacen referencia a la herramienta 123D Make utilizada para la creación de la maqueta. Una estimación de la fiabilidad del cuestionario se calcula el alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,78 (un valor sobre 0,7 ó 0,8 es suficiente para asegurar la fiabilidad).

Los resultados de creatividad obtenidos en antes (Pre-Test) y después (Post-test) de realizar la segunda experiencia son los expuestos en la Tabla 2.

	Cuestión	Media
Q1	El proceso de realización de la maqueta me permite visualizar los accidentes geográficos necesarios mejorando mi comprensión del relieve.	4,2 (0,56)
Q2	Las maquetas son útiles para aprender los conceptos básicos de cartografía y topografía.	4,34 (0,70)
Q3	Con la maqueta interpreto mejor las formas del relieve que con la representación 2D.	4,34 (0,60)
Q4	Con la maqueta entiendo mejor el concepto de curva de nivel que con la representación 2D.	4,38 (0,79)
Q5	Con la maqueta entiendo mejor el concepto de línea de máxima pendiente que con la representación 2D.	4,13 (0,79)
Q6	Con la maqueta entiendo mejor los conceptos sobre el perfil longitudinal y transversal que con la representación 2D.	3,84 (1,05)
Q7	123D Make es una buena herramienta para realizar maquetas de terrenos en 3D.	4,4 (0,51)
Q8	El uso de 123D Make para introducir el modelado 3D de terrenos en las aulas me parece muy interesante.	4,1 (0,60)

Tabla 1. Encuesta de satisfacción

	Pre Test	Post Test
Media	84,4	102,8
(Desviación típica)	(23,1)	(23,5)

Tabla 2. Resultados del TAEC

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica  
y el fomento de la competencia creativa**

*Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta*

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la primera experiencia, podemos concluir que:

El uso de maquetas mejora la comprensión del relieve (Q1, Q2, Q3): la valoración de los estudiantes en estas tres preguntas, es alta (valores superiores a 4 sobre 5). En este sentido, no solo el empleo de maquetas, sino el proceso de fabricación de las mismas, ayuda a un mejor entendimiento de las formas del terreno.

Conceptos básicos asociados a la interpretación tridimensional del terreno (Q4, Q5, Q6) como los de curva de nivel, línea de máxima pendiente y secciones longitudinales y/o transversales se adquieren mejor a través de maquetas (puntuaciones de las tres preguntas por encima de 3,8 sobre 5) que con las representaciones tradicionales del terreno en mapas y planos.

Herramientas gratuitas como 123D Make están bien consideradas (Q7, Q8) por los alumnos para la realización de maquetas (puntuaciones superiores a 4 sobre 5). Así mismo, constituyen una interesante metodología docente para la fabricación y modelado tridimensional.

Con respecto a la segunda experiencia, la validación preliminar de la creatividad, se puede comprobar que los alumnos mejoran los resultados obtenidos en el Test de Creatividad (TAEC), pasando de una puntuación de 84,4 sobre 324 en el Pre Test a 102,8 sobre 324 en el Post Test.

Como futuro trabajo, se propone medir los resultados de creatividad en un grupo mayor, que nos permita obtener resultados definitivos.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación concedida a la ULL por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, cofinanciada en un 85% por el Fondo Social Europeo. Trabajo financiado con el proyecto de I+D+I "Anotaciones de modelos 3D en el ciclo de vida en entornos BIM", referencia TIN2013-46036-C3-3-R, de la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, de ayudas correspondientes a la convocatoria 2013 del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad. Artículo desarrollado en el ámbito del Proyecto de Innovación Educativa "La impresión de modelos digitales de terreno para la mejora de las competencias espaciales y la interpretación del relieve cartográfico", correspondiente a la convocatoria número 1 de 2015 de Proyectos de Innovación Docente de la Universidad de La Laguna para el curso 2015-16.

#### REFERENCIAS

[1] Carazo Lefort, E., Martínez Gutiérrez, S. (2013). La generación digital. Más notas para el debate sobre una cibernética de la arquitectura. EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica, [S.l.], n. 22, p. 50-59, nov. ISSN 2254-6103. Disponible en: <<http://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/1680>>. Fecha de acceso: 16 abr. 2017 doi: <http://dx.doi.org/10.4995/ega.2013.1680>.

[2] Carazo Lefort, E., Galvan Desvaux, N. (2014). Aprendiendo con maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura. EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica, [S.l.], n. 24, p. 62-71, jul. 2014. ISSN 2254-6103. Disponible en:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

<http://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/1828>>. Fecha de acceso: 16 abr. 2017 doi: <http://dx.doi.org/10.4995/ega.2014.1828>.

[3] Boardman, D. (1989). The development of graphicacy: children's understanding of maps, *Geography* 74 (4), pp.321-331.

[4] Carter, G., Patrick, M., Wiebe, E. N., Park, J.C., Butler, S. M. (2005). In Proceedings of NARST, Dallas, TX, Middle grade students' interpretation of topographic maps. 2005.

[5] Lanca, M. (1998). Three dimensional representation of contour maps. *Contemporary Educational Psychology*, no. 23, pp. 22 – 41. ISSN 0361-476X

[6] Gobert, J. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education* 53 (4): 444–455.

[7] Boletín Oficial de Estado, (2007). "ECI Order/3855/2007 from December 29th. State's Official Bulletin, 312." January. [http://www.boe.es/diario\\_boe/](http://www.boe.es/diario_boe/)

[8] Boletín Oficial del Estado, (2007). "Royal Decree 1393/2007 from October 29th. State's Official Bulletin." May. [http://www.boe.es/diario\\_boe/](http://www.boe.es/diario_boe/)

[9] Tulla, A., Busto, J. R., Gabilondo, A., Ruiz-Rivas, C., Laka J. P., Roselló, G. (2004). White Paper Degree in Geography and Planning, 177-186. Madrid: National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA).

[10] Chueca, M., Salcedo, F., Ferrer, J., Galán, L., Olivé, J. (2004). White Paper Title Engineer Degree in Geomatics and Surveying, 118-148. Madrid: National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA).

[11] Chueca, M., Salcedo, F., Ferrer, J., Galán, L., Olivé, J. (2004). White Paper Title Engineer Degree in Geomatics and Surveying. National Agency for Quality Assessment and Accreditation (ANECA) Spain, pp.118 – 148.

[12] National Research Council (2006). *Learning to Think Spatially*. The National Academy Press DOI: <https://doi.org/10.17226/11019>

[13] Hegarty, M., Keehner, M., Khooshabeh, P., Montello, D.R. (2009). How spatial ability enhances, and is enhanced by, dental education. *Learning and Individual Differences* 19 (1): 61–70.

[14] Sorby, S.A. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education* 3 (1): 459-480.

[15] Sorby, S.A. (2009). Developing 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal* 63 (2): 21–32.

[16] Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C.P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology* 101 (4): 817–835. [dx.doi.org/10.1037/a0016127](http://dx.doi.org/10.1037/a0016127)

[17] Liben, L.S., Kastens, K.A., Christensen, A.E. (2011). Spatial foundations of science education: the illustrative case of instruction on introductory geological concepts. *Cognition and Instruction* 29 (1): 45–87.

[18] Uttal, D.H., Meadow, N.G., Tipton, E., Hand, L.L., Alden, A.R., Warren, C., Newcombe, N.S. (2013). The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin* 139 (2): 352-402.

Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación | ISSN: En proceso | [http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | X/XX |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

- [19] Smith, I.M. (1964). Spatial ability: Its educational and social significance. London: The University of London Press.
- [20] Kim, M., Bednarz, R. (2013). Development of critical spatial thinking through GIS learning. *Journal of Geography in Higher Education* 37(3): 2013, 350-366. DOI: dx.doi.org/10.1080/03098265.2013.769091
- [21] Madsen, L. M., Rump, C. (2012). Considerations of How to Study Learning Processes when Students use GIS as an Instrument for Developing Spatial Thinking Skills. *Journal of Geography in Higher Education* 36 (1), 97-116. DOI: dx.doi.org/10.1080/03098265.2011.576336
- [22] Eley, M. G. (1987). Colour-layering and the performance of the topographic map user. *Ergonomics* 30 (4): 655-663.
- [23] Andrade, L.A., Espitia, C., Huerta, E.A., Aldana, D.R., Bacca, P.A. (2012). *Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con o sin Manipulación Física. Psicología Educativa. Vol. 18 Issue 1, p29-40. 12p..*
- [24] Álvarez, F. (2011). Rastrear proyectos, contar historias. *Diagonal. no. 28, pp. 10 – 13.*
- [25] Carazo, E., Galván, N. (2014). Aprendiendo con maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica, no. 24, pp. 62-71.*
- [26] Knoll, W., Hechinger, M. (2005) *Maquetas de arquitectura. Técnicas y construcción. 6ª Ed. Barcelona: Ed. Gustavo Gili S.A.*
- [27] Pérez, T., Ferreiro, I., Pigem, R., Jover, R. T., Serrano, M., Díaz, C. (2006). Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería. En: XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica: diseño e innovación: actas del congreso: Sitges 31 de Mayo, 1 y 2 de Junio de 2006. Barcelona: INGEGRAF, ISBN 84-689-8593-7.
- [28] Zevi, B. (1964). La Storia come metodología operativa. Conference dictated in the assembly hall of the University of Rome in December 1963 and published as a leaflet in 1964, and included in Zevi, B. (1973) *Il linguaggio moderno dell'Architettura*. Turín, Einaudi. Spanish translation in *Summaries*, year 1, nº 5, Buenos Aires, February/March 1977. pp. 9-14.
- [29] Canessa, E., Fonda, C., Zennaro, M., (2013) 1st International Workshop on Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development. 6-8 May 2013. Trieste, Italy.
- [30] Adánez, G., Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal for Geometry and Graphics* , 6 (1), pp. 99-109.
- [31] Saorín, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 84 (9), pp. 721-732.
- [32] Carbonell C., Bermejo, L.A. (2017). Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking. *Cartography and geographic information science*, vol. 44, no. 3, 259-270.
- [33] Carbonell C., Avarvarei, B. V., Chelariu, E.L., Draghia, L., Avarvarei, S. C. (2016). Map-Reading Skill Development with 3D Technologies, *Journal of Geography*, DOI:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO I \_ Artículos publicados en revistas indexadas

**Fabricación digital de maquetas para la mejora de la interpretación cartográfica y el fomento de la competencia creativa**

Dámari Melián Díaz, Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín Pérez, Jorge de la Torre Cantero, Norena Martín Dorta

<http://dx.doi.org/10.1080/00221341.2016.1248857> of Engineering Education, vol. 31 no. 3, pp. 805–813.

[34] Corbalán, F., Martínez, F., Donolo, D., Alonso, C., Tejerina, M., Limiñana, R. (2006). CREA. Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad. Manual (2ª edición). Madrid: Tea Ediciones.

[35] Monreal C.A. (2000). ¿Qué es la creatividad? Biblioteca Nueva. Madrid, España. ISBN: 9788470308734

[36] Blanco, A. (2009). Desarrollo y evaluación de competencias en Educación Superior. Editorial Narcea S.A. ISBN: 9788427717787

[37] Tuning Project Competences. From Tuning. Educational Structures in Europe. (2000)

[38] Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, Libros Blancos.

[39] Liu, Z. H. E., Schönwetter, D. J. (2004). Teaching Creativity in Engineering. International Journal of Engineering Education, 20 (5), pp. 801-808.

[40] Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. Proceeding of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. (p. Art. No 3). New York: ECCE. DOI: 10.1145/2501907.2501934

[41] De la Torre, S. (1991). Evaluación de la creatividad. TAEC, un instrumento de apoyo a la reforma. Madrid: Editorial Escuela Española, S.A.

[42] De la Torre-Cantero, J., Saorín, J.L., Melián, D., Meier, C. (2015). STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education. The International Journal

**Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación** | ISSN: En proceso |  
[http://polired.upm.es/index.php/innovacion\\_educativa\\_edificacion](http://polired.upm.es/index.php/innovacion_educativa_edificacion)  
| Cod. 0005 | Enero - Abril 2017 | Vol. 1. Nº 1 | X/XX |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ANEXO II

### ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS

FASE III	<b>PUBLICACIÓN Nº 08</b>
	<i>Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity</i>
	Technology, Pedagogy and Education
	<b>BASE DE DATOS / ÍNDICE DE IMPACTO (2016):</b> WOS (Web of science),SSCI (Social Science Citation Index), JCR: 1,066
	Pendiente de publicación



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 08

---

*Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of  
creativity*

**Technology, Pedagogy and Education**

BASE DE DATOS/ ÍNDICE DE IMPACTO (2016) :  
WOS (Web of science),SSCI (Social Science Citation Index), JCR: 1,066

*Pendiente de publicación*

.....

Dámari Melián Díaz  
Carlos Carbonell Carrera  
José Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero



Anexo II 105

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas



	Title20	Year	Country	ISSN	CATEGORY_DESCRIPTION
1	TECHNOL PEDAGOG EDUC	2016	ENGLAND	1475-939X	EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH

	Title20	Publisher	TOT_CITES	IMPACT_FACTOR	Number of Journals in Category
1	TECHNOL PEDAGOG EDUC	Technology Pedagogy and Education	277	1,068	N/D

Copyright 2018 Thomson Reuters®. Source : Journal Citation Reports  
Para cualquier uso derivado de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con [infowok@fecyt.es](mailto:infowok@fecyt.es)

Pag. 1 de 4

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education



**Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity**

Journal:	<i>Technology, Pedagogy and Education</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keywords:	Spatial ability, creativity, Minecraft, construction using blocks

SCHOLARONE™  
Manuscripts

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## Minecraft: three-dimensional construction workshop for improvement of creativity

The relationship between two-dimensional elements and three-dimensional objects is an abstract process which generates difficulty for learning. This ability can be improved by means of exercises designed for improving spatial abilities. However, many of those exercises are aimed at offering a single solution with the result that they are not the most suitable for developing creativity. In this article, an experiment carried out during the 2016/2017 academic year with fifteen students of the Teaching Master's is described, where the video-game, Minecraft, was used for the conduct of the activity, "The house of your dreams". In this workshop, it is intended to work the three-dimensional space and also to incorporate divergent thinking (multiple solutions) for the improvement of creativity. In order to verify the effectiveness of this new workshop, the results were measured with the Abreaction Test for Evaluation of Creativity (TAEC) before and after the experiment. The results obtained show a gain of 58.5 points.

Keywords: Spatial ability; creativity; Minecraft; construction using blocks

Subject classification codes: include these here if the journal requires them

### Introduction

The comprehension of three-dimensional space by means of two-dimensional representations (such as plans for example) requires a significant degree of abstraction which habitually involves a difficulty. The ability to understand the relationship between 2D and 3D is one of a set of abilities denominated spatial abilities. (Linn and Petersen, 1985). It has been shown that the development of these abilities is a critical factor for success in numerous degree studies, as well as at the professional level (Uttal and Cohen, 2012). The research group about the development of spatial abilities at the University of (omitted for blinded review) has, since 2004, been working on the design of strategies and digital tools to develop spatial abilities and in this way to improve

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

understanding of three-dimensional space and its two-dimensional representations.

In 2008, a 3D digital modelling workshop was designed, which was validated in studies of Engineering (Omitted for blinded review, 2008) and which subsequently was completely re-designed in order to make it easier to implement at different educational levels (Omitted for blinded review, 2011). In 2012, the (Omitted for blinded review) web platform was created, which included not only the above-mentioned 3D workshop, but also a series of activities which, through the use of CAD 3D (SketchUp), augmented reality, 3D printing, improved the said spatial ability. (González et al., 2011; Omitted for blinded review, 2012).

It is important to indicate that the exercises from the 3D workshop of the platform were designed to have a single solution. This kind of problem with a single solution makes it possible to understand the relationship between the 2D world and the 3D world but they are not the most appropriate for developing creativity. If we speak in terms of creativity, Guildford (1951) classified thought into two classes, divergent and convergent. Convergent thinking is used to solve well-defined problems whose characteristic is having a single solution, while divergent thinking is characterised as it looks from different perspectives and finds more than one solution in the face of a challenge or a problem. Guilford stated that this kind of thought is associated with creativity.

In accordance with Guildford's description of divergent thinking, in 2013, a new workshop was included in (Omitted for blinded review), the objective of which apart from improving the spatial ability was to encourage creativity and divergent thinking. For this purpose, a start was made with a pictorial work by Frank Stella which was used as a two-dimensional representation and from which different three-dimensional solutions were generated. This workshop, denominated (Omitted for blinded review),

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

was successfully tested throughout the 2013/2014 academic year (Omitted for blinded review, 2015). During the 2016/2017 academic year, the (Omitted for blinded review) workshop was modified, generating a tangible version by means of the use of 3D printers. This workshop has been denominated (Omitted for blinded review) and in it, it starts from the already printed pieces. The pupils must make one of the compositions of Frank Stella like a jig-saw puzzle and then draw the standardised views and the perspective of the composition obtained. The results show that the students increase their creativity values (Omitted for blinded review, 2017).

Despite the success of these workshops, both in the improvement of spatial abilities and the improvement of creativity, the fact that the 3D modelling workshop is carried out with a CAD programme causes difficulty at pre-university levels. This is due to the fact that the use of computers at these levels is not at all widespread and that despite using very easy-to-use CAD programmes (SketchUp), learning to use the software always represents a barrier to the conduct of these workshops.

In order to solve this problem it was decided to use a strategy of learning based on the use of video games which make it possible to construct 3D objects by means of piling up Lego-type blocks. These video games (Blokify, Minecraft, LegoCAD...), of which the basic instructions are to place blocks or to erase blocks, are very popular with pre-university students and learning to use them is simpler than any CAD application. On the other hand, there are studies which related the use of video games with the development of creativity (Morón-Macías 2010; Smith and Pellegrini, 2013) with the result that this may be a valid strategy, not only for the creation of 3D objects but also to foment creativity.

Within the strategy of the use of video games, the (Omitted for blinded review) group has conducted two previous experiments. The first was carried out during the

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

2013/2014 academic year with Blokify (Figure 1). This video game makes possible the creation of 3D objects using blocks. It was used to introduce the pre-university pupils into the abilities which relate the three-dimensional figures with their two-dimensional representation. The concepts of standardised views and perspective were worked with contents which are studied in secondary school and in years eleven and twelve. The results of this workshop show that this strategy is valid for improving spatial comprehension among students (Omitted for blinded review, 2014).

**Figure 1.** Construction of 3D models with Blokify starting from the standardised views on paper from (Omitted for blinded review).

The second experiment carried out with video games took place during the 2015/2016 academic year with first year students from the Industrial Engineering and Automation Degree course at the University of (Omitted for blinded review). In this case, the Minecraft video game was used, which is similar to Blokify, which also makes it possible to create three-dimensional objects by means of piled blocks. (Omitted for blinded review, 2017).

On the basis of these results, it was decided to carry out a new 3D workshop using Minecraft. For this purpose, apart from the (Omitted for blinded review) exercises, a piece of work was added and developed which was created by the secondary school teacher, Lara Romero, between the years 2012 and 2016 at the Alameda de Osuna School in Madrid. This teacher developed a workshop with students from sixth of primary school with Minecraft which involved 3D construction and creativity (<http://cort.as/-74Nq>). The pupils had to build in groups of two "The house of your dreams". There was no pre-determined solution with the result that as many results

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

were obtained as there were groups of children. The work carried out by the pupils over this period of time can be seen on Youtube (<http://cort.as/-74Nf>). It is important to indicate that despite the fact that one of the objectives of the project was to improve creativity, no measuring tool was used to confirm this improvement nor were concepts of standardised views worked on.

In this new 3D workshop with Minecraft, it is intended to work on three-dimensional construction and also to incorporate divergent thinking (multiple solutions) for the improvement of creativity. In order to verify the effectiveness of this new workshop, as regards creative competence, a creativity test was used before and after the experiment. In this article this workshop is described, as well as the experiment carried out in the 2016/2017 academic year and the results obtained in the measurement of creativity.

### **Minecraft**

Minecraft is a «Sandbox» type game (an open world with freedom in the way of playing and building without rules). It is a video game written in Java and published by Mojang. It was launched in May 2009 for computers and in 2012 for Apple IOS and Android (Short, 2012). It is played on a three-dimensional stage (World) on which the players have to move around their environment. These worlds can be created and personalised by the user him/herself. The game is centred on 3D construction using blocks or cubes in a world of three dimensions. Apart from simply building with blocks, the uniformity of the game with square elements is a visual allusion to LEGOTM, and a space is suggested in which the player gives free rein to him/herself to create what he/she desires with the planned pieces (Davidson, 2011). It is a game in which the players are not only consumers but they are also active in the development of the game.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Minecraft can be played in different ways. The creative way, where there are unlimited resources, there are no threats and the player can move and construct 3D objects (houses, land, etc...) freely. The survival mode, where there are creatures which are a threat to life, it is necessary to find resources and articles in order to survive. There is also the adventure mode or Parkour, which allows the player to navigate on a map and to follow the rules set by another person (Overby and Jones, 2015). The world of the game is created with cubes which are made of different materials, such as earth, rock, glass, etc. The players can collect these materials and either place them in the world to construct or use them to make different articles. Minecraft is like a test bed which, as it is an open world without any objective or script, allows a very wide range of possibilities and behaviour (Canossa, Martinez, and Togelius, 2013).

It should be pointed out that the majority of primary and secondary pupils know the game and those who do not, can learn to handle it in a matter of minutes as it is highly intuitive and there are few basic controls. Furthermore, Minecraft is a multi-platform game, that is to say it will work on any device (computer, tablet, mobile, console).

#### ***Minecraft in education***

It is interesting to indicate that Minecraft is considered a serious game for training purposes (Wendel, et al., 2013). Serious games in general refers to games used for training, simulation or education which are designed to function on personal computers or video game consoles (Shute et al., 2009). They permit students to experience situations which are impossible in the real world, for reasons of safety, cost, time, etc. (Susi, Johannesson, and Backlund, 2007).

Numerous studies present positive evidence with regard to the use of serious games in educational contexts indicating statistically significant improvements (Barab,

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

el at. 2010; Blunt, 2007; Prensky, 2001) emphasises that serious games allow the student to form part of his learning instead of being a passive receiver who listens to his teacher. Serious games offered by new technology make it possible to learn by being immersed and interactively. The educational platform of Minecraft is used in numerous educational environments for the teaching of scientific concepts described by Short (2012), such as Biology, Ecology, Physics, Chemistry and Geography. Since 2013, the use of Minecraft has become obligatory in Swedish schools (Gee, 2013).

There is a diversity of projects which use Minecraft in education. For this research work, all these projects can be classified into two groups: those that use Minecraft so that the pupils can explore, play and interact in a virtual world which has already been created in 3D, and a second type where the students are the creators of objects in 3D within that virtual world. In the former case, can be included, for example, the workshop Architecture and discovery, (Saez-Lopez and Dominguez-Garrido, 2014), the representation of twenty-four sculptures in the city of Santa Cruz de Tenerife (Omitted for blinded review, 2016) and a workshop to teach the characteristics of the trenches in World War I (Soler et al., 2015).

Apart from the possibility of exploring the 3D world of Minecraft, there is a second group of experiments where the pupils have to build their own three-dimensional designs. In that category, we can find the Habitat programme of the United Nations which uses Minecraft in 300 villages around the world to help the residents to renew their environment and to build the infrastructure that they need so badly. The programme is called Block by Block and has as its aim to involve young people in the process of planning urban areas, giving them the opportunity to show planners and decision makers the way in which they would like to see their cities in the future and Minecraft has been the perfect tool to facilitate this process (Brand and Kinash, 2013).

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Minecraft is also used for teaching and spreading knowledge of the cultural heritage. Jesse Craft (2016) presents an innovative way of complementing the history and foreign language classes by making a 3D model of ancient Rome. The players take on the role of an architect. On the other hand, at the University of Hull, the students created a scale map of the region, with details of the landscape including ruins, tanks, rivers, woods (Mills, 2016).

Also, at the University of (Omitted for blinded review), during the 2015/2016 academic year, a construction activity was designed with Minecraft. It was used to make an exercise of standardised views from the (Omitted for blinded review) workshop. The students had to model the object to which the views of the ground plan, the elevation and the profile given corresponded. Each working group had a different task. Furthermore, at the end of the exercise, the working groups built the pieces with a 3D printer as Minecraft (using the Mineways application) allows objects created within the video game to be exported (Figure 2). (Omitted for blinded review, 2017).

**Figure 2.** Pieces from (Omitted for blinded review) made with Minecraft and 3D printers.

### Creativity

The opinions to define the concept of creativity are varied, and it is even sometimes stated that the aim cannot be achieved (Corbalán et al., 2006). Tatarkievicz (1988) states that it is from the 20th century onwards that the term creativity is spread from the world of art to other areas: science, politics, art, religion, engineering, among other disciplines. Guildford (1951) classified thought into two kinds: divergent and convergent. Convergent thinking is used to solve well-defined problems, whose common characteristic is having a single solution while divergent thinking is characterised by

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

looking from different perspectives and finding more than one solution to a challenge or problem. Guilford stated that this kind of thought is associated with creativity.

Creativity therefore involves cognitive processes (flexibility, fluidity, originality and generation of new connections), affective processes (such as openness, inclination to take risks, persistence, tolerance of ambiguity and management of the emotions during the creative process) and neurological, social and communicative processes, among others, so that its study cannot take place from a single point of view.

Currently, companies are looking for creative and innovative people so as to be able to solve efficiently the daily challenges that they have to face (Martin, 1991; Shaw, 2001). Fomenting and supplying opportunities which incite creativity in students is one of the challenges which is expected now at educational institutions (Baillie, 2002). It is necessary, therefore, to encourage a model of teaching in which the acquisition of strategies and innovative mechanisms oriented towards the solution of problems is facilitated, making creative efforts stand out (Liu and Schonwetter, 2004). In this article, the construction of 3D objects using blocks has been chosen as an experiment on encouraging creativity. This option allows multiple solutions, encouraging divergent thinking. Morón-Macías (2010) state that, the more structured a game is, the less the creative development it will achieve. For example, the use of Lego type elements contributes to creative construction (Smith and Pellegrini, 2013).

#### ***Measurement of creativity***

It is necessary to have a tool to measure creativity in order to quantitatively evaluate this skill, as well as be able to detect talented people. A quantitative measure of creativity will provide the educator with a value to monitor the student's progress within an educational program aimed at improving creativity (Treffinger, 2003). The tools that quantify this kind of human skill are psychometric tests. The measurement of creativity

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

through testing began in the Second World War. J.P. Guilford, a psychologist at the University of California, who was commissioned by the Air Force, was assigned to study how to select pilots who, in an emergency situation, would react in an original way that would save their own life and the plane. Currently there are many studies about tests that allow the measurement of creativity and divergent thinking (Hocevar and Bachelor, 1989; Hocevar and Michael, 1979; Runco, Okuda and Thurston, 1987; Torrance, Ball and Safter, 1966). In addition to the tests in paper format, currently there are new methods, using computer scoring and online testing (Beketayev and Runco, 2016; Acar and Runco, 2014).

The four most-used measuring instruments in the country where the research has been carried out (Spain), where the features that are evaluated in each instrument are mentioned, together with the factors that are studied, and their adaptation or otherwise for the object of analysis which concerns us are the following. The first one is the Guilford creativity battery. This instrument assesses the features of fluidity, flexibility, originality, elaboration and sensitivity. It analyses the fundamental factors corresponding to divergent thinking, as this is what is usually interpreted as corresponding to creativity. The second one is the Torrance Creative Thinking Tests. The features which are assessed in these tests are those of fluidity, flexibility, originality, elaboration, inventiveness and penetration. They study a general creative capacity, search for models of the creative process in their natural development, which in turn confer upon tests a capacity for methodological handling which is more accessible and reliability of the results. The third one is the Corbalán CREA test. This tool can be applied with individuals of six years of age onwards, both male and female, and is useful in clinical, educational and organisational contexts and in the practice of the arts, design and advertising. Unlike the Guilford battery, which takes into account

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

the five above-mentioned factors, the CREA test proposes a single measurement of creativity, as it is studied as a psychological style. Thus, the CREA uses as a procedure for measuring creativity the capacity of the individual to ask questions, which serve as an indicator. Finally, the last one is the Abreaction Test for Evaluation of Creativity (TAEC - abbreviation of the Spanish name) from De la Torre and Marín (1991). This test, is an inductive graph test, it can be applied to subjects of different languages and cultures, and adapts to different levels of training because it lacks saturation in factors of semantic, symbolic and technical type. In a previous study (Lifante, 2011a), carried out at the University of Valencia, improvement in creativity was measured using two tests: the Abreaction Test of Creativity (TAEC) and the CREA test. The results obtained in this experiment with both tests are similar, for which reason we use the TAEC test when we wish to use a graphic format of the test.

This test can be applied from pre-school to adulthood and is a graphic-inductive test of completion of figures and it is for this reason that this test has been selected to carry out this experiment. It has been used in several recent research articles (Omitted for blinded review, 2015; Omitted for blinded review, 2017; Lifante, 2011b; Garaigordobil and Pérez, 2002; Garaigordobil and Pérez, 2004; Omitted for blinded review, 2017; Omitted for blinded review, 2017). It is one of the tests that most components of creativity evaluate. As an inconvenience, it is important to note that its correction is very tedious (Artola and Barraca, 2004), since you may need 30 minutes to correct a single test.

The TAEC test is an instrument characterized by simplicity, brevity, economy of resources, easy application and comprehension, as well as adaptation to any age and level. It is not necessary, in turn, that the instructor has previous knowledge about its realization, since it does not have specific instructions. Nor does it present problems for

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

its realization, since the user has complete freedom in the way to realize it. Only this instruction is given: "Test your creativity. Draw a picture with these figures. Take the time you need and indicate when finished". It is a test that supplements the shortfalls of other tests (Guildford, 1951; Torrance, 1966) for the measurement of creativity as some of these shortcomings are based on pre-established answers, having a time limit for the test, not taking into account the pace and style of work of the participants, not encouraging unusual responses or drawing on immediate associations.

The Abreaction Test for Evaluating Creativity analyses nine quantitative factors: abreaction, or resistance to closure, originality, elaboration, fantasy, connectivity (creative integration), imaginative scope, figurative expansion, expressive richness and graphic skills. The analytical evaluation allows for the acquisition of a quantitative measure of the results in each one of the components, in addition to offering a generic measure of creativity, which is the sum of the nine components. It is the analytical assessment used in this research, since it allows for comparisons and the detection of weaknesses and strengths of the individual in relation to creativity. The complete description of each of these components, as well as its assessment procedure, can be found in Omitted for blinded review (2017).

The test is presented on a sheet of paper with 12 unfinished figures, presented on the same side of the page and distributed symmetrically in four rows and three columns. These twelve unfinished figures offer a total of 36 openings in different shapes and positions. Participants, starting with those 12 incomplete geometric figures, are free to draw whatever they want on the sheet. They can make a drawing with each one of them or make a drawing combining some of them or combining them all (general composition). Any of the following drawing tools can be used: pencil, marker pens, crayons or whatever you want. In the test, each of the 12 figures is scored from 0 to 3

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

points for each of the nine components. Thus, 0 to 36 ( $3 * 12$ ) points can be obtained in each component. Therefore, the total score of the test varies from 0 to 324 ( $36 * 9$ ) points.

### **Materials and Methods**

In this research, the results of a field experiment are presented which was carried out with Master's students of Teacher Training from the University of (Omitted for blinded review). It took place during the 2016-2017 academic year and the activity consisted of making 3D models using the Minecraft video game and its relationship with standardised views. It is aimed at verifying whether the conduct of this experiment is a valid strategy to improve the creative ability in pupils.

### **Participants**

Fifteen students took part in this experiment (six men and nine women), aged between 25 and 35 from the Teacher Training Master's at the University of (Omitted for blinded review). Six of them had a qualification as architects or engineers and nine were graduates in Fine Art or Design. 73% of the students did not habitually play video games and only 6% played or had played habitually with Minecraft.

### **The Minecraft workshop**

The participants were randomly assigned to groups of two students. Each group installed Minecraft on their laptop and was provided with a user account that allowed them to add worlds to the game. For the activity performed, the Minecraft 1.11 version was adopted (23, 95 \$ cost), since with the free version Minecraft worlds cannot be employed.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Each group downloaded the world of Minecraft game that was designed for the workshop activities. This, allowed students to be placed inside the videogame, which was a flat world with two pre-made enclosures. One enclosure was small and delimited by blue cubes (blue enclosure) and the other enclosure was larger and delimited by red cubes (red enclosure).

**Survey**

At the end of the workshop, students completed a survey questionnaire in a 1-5 Likert scale that assessed their perception of different aspects of the workshop such as the use of video games in teaching-learning contexts, or Minecraft as a tool for the acquisition of spatial competences and standardized views, among others.

**Procedure**

For the conduct of the experiment, three sessions were necessary, which took place over three weeks and with a total duration of six hours according to the following plan:

**Session 1.** In the first session (1 hour), each student carried out an Abreaction Test to Evaluate Creativity (TAEC), in order to obtain a prior measure of creativity. After this test, each group of students installed the free version of the video game on their laptop and the basic operation was explained to them.

**Session 2.** The second session occurred two weeks later. During this session, students completed two different activities that lasted 4 hours: the Training activity and the Dream House Activity.

**Training activity (1 h.)**

The participants were given a paper worksheet that presented 12 three-dimensional objects represented by their normalized views (profile view, front view, and plan view).

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

The students had to choose one of the 12 structures and generate a 3D drawing on paper based on the normalized views provided (Figure 3). After generating the 3D drawing on paper, they were instructed to generate a 3D representation of the same structure in Minecraft. This drawing was to be completed in the provided blue Minecraft enclosure.

**Figure 3.** Training activity. 3D Modelling of a piece in Minecraft from the standardized views in (Omitted for blinded review).

*Dream House Activity (3h.)*

In the second activity, participants were instructed to build “the house of your dreams” This was carried out inside the red enclosure in Minecraft. Students were asked to create the house of their dreams and were given complete freedom of form using Minecraft (for this reason the space dedicated to the red enclosure was larger than the space dedicated to the blue enclosure). After generating a 3D drawing of their dream house in Minecraft, students were given a paper worksheet where they were instructed to first draw a 3D representation of their dream house and then draw the three normalized 2D views of the dream home (profile, front, and plan). This activity took three hours to complete (Figure 4).

**Figure 4.** Dream house activity. Standardized views of the “dream house” from a free Minecraft construction.

At the end of session 2, each group handed in the paper with the normalized views of the parts. For extra work they were asked to hand in for session 3 a dossier including images both for the built part as well as the “House of their dreams” designed in Minecraft.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**Session 3.** The third and final session took place one week later and had an approximate duration of one hour. Each student again took an Abreaction Test to Evaluate Creativity (TAEC). Furthermore, the participants responded to the survey on the workshop and handed over their dossiers of the activity carried out.

### Results

The results obtained by the students in the Abreaction Test to Evaluate Creativity (TAEC) were as follows:

#### Table 1. Abreaction Test for Evaluating Creativity results

Null hypothesis is, that the conduct of the Minecraft workshop does not improve creativity values. A t-student test is carried out on the global creativity results and a P value of  $0.000061098 < 0.01$  is obtained.

The results for the Likert scale questionnaire (1-5 Likert Scale: 1 strongly disagree. 5 strongly agree) conducted to know the opinion of the participants on their assessment of the workshop and on the creativity are in Table 2. In order to verify the internal consistency of the questionnaire, a Cronbach Alpha test is carried out, obtaining a result of 0.71.

#### Table 2. Questionnaire

### Discussion and Conclusions

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3 Therefore, the Minecraft workshop, described in this article, improves creativity as the  
4 students had increased their creativity values from an initial score of 123 to a final score  
5 of 181.5 measured with the TAEC. This increase of 58.5 points is considered to be  
6 statistically significant as in the Student t-test a p-value of 0.000061098 less than 0.01  
7 was obtained, with the result that the Null hypothesis is rejected. If the results obtained  
8 for each component of creativity are observed, the most significant improvements are in  
9 Connectivity, with a gain of 13.68 points, Figurative Expansion with 8.31 and  
10 Elaboration with an improvement of 8.28 points. That is to say, the participants  
11 improved their creativity by making drawings which occupied more space (figurative  
12 expansion), with more connections between the initial figures in the test (Connectivity)  
13 and including more details (Elaboration).  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

28 With the aim of evaluating this result, it is possible to compare with other  
29 experiments aimed at the improvement of creativity in which the same measuring tool  
30 has been used (TAEC). The experiments listed below were carried out with different  
31 strategies for the improvement of creativity such as, for example, the use of project-  
32 based learning, the use of the Stella 3D workshop and the digital fabrication of land  
33 models.  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41

42 At the University of Valencia (Lifante, 2011) a project-based methodology  
43 (PBL) was used with students of industrial design in which the participants designed  
44 different solutions to a problem. The final result measured with the TAEC test was a  
45 score of 112.7, with an improvement of 27.3 points. At the University of (Omitted for  
46 blinded review), two studies were conducted. The first one was carried out with 31  
47 students (Omitted for blinded review, 2017) in which the students worked with a 3D  
48 tangible version of the (Omitted for blinded review) workshop. Participants scored  
49 132.0 in the TAEC test, obtaining an improvement of 38.2 points. The second activity  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

was carried out with 115 students (Omitted for blinded review, 2017) in which the students using low cost digital manufacturing technologies created a 3D model of a terrain representation. Participants scored 122.0 in the TAEC test and obtained an improvement of 38 points.

As can be seen, the increase in creativity obtained in the Minecraft workshop described in this text is greater than that obtained in previous experiments. If the results are analysed for their creativity components, it is observed that they all present significant increases in the component of Elaboration. That is to say, after the workshops the students created drawings with more detail. In those workshops in which the participants have to draw, such as, for example in the Stella 3D Tangible (Omitted for blinded review, 2017) and the Minecraft workshop in this experiment, it is observed that the gains in the Graphic Skills component are similar.

Despite the fact that 94% of the students who carried out this activity had never used Minecraft, they were all able to finish it without any problem, with the result that the initial idea of replacing a CAD 3D tool with a construction video game with blocks like Minecraft is a good one. With the use of this kind of video game, the difficulty of learning to use a CAD 3D software is eliminated.

With regard to the results of the survey, the participants consider that it is a good tool to carry out exercises of standardised views (3.74 out of 5), as well as the use of Minecraft for 3D modelling in the classroom, and they seem interesting to them (3.79 out of 5). In turn, they stated their preference for carrying out this kind of activity with Minecraft, in comparison with traditional paper formats (3.74 out of 5).

With regard to the use of video games in education, despite the fact that only 27% of students habitually play video games, they consider that it is interesting for

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

learning standardised views (4.42 out of 5), and that it helps them to better understand the three-dimensional concepts of technical drawing (4.53 out of 5).

#### Future work

One possible evolution of the Minecraft workshop described in this article would be to add on the possibility of 3D printing of the designs made by the students. The strategy of connecting the digital world with the tangible world has been shown to be effective for the development of creativity and is a satisfactory complement to workshops purely based on the computer (Omitted for blinded review, 2017). On the other hand, with a view to evaluating the results obtained, it would be interesting to use, apart from the TAEC test, another creativity measuring tool such as the Torrance or Guilford tests.

#### References

- Acar, S. and Runco, M. A. 2014. "Assessing associative distance among ideas elicited by tests of divergent thinking". In *Creativity Research Journal*, vol. 26, no 2, p. 229-238.
- Artola González, T., Barraca Mairal, J. 2004. "Creatividad e imaginación. Un nuevo instrumento de medida: la PIC". In *EduPsykhé*, vol. 3, no 1, p. 73-93.
- Baillie, C. 2002. "Enhancing creativity in engineering students". In *Engineering Science and Education Journal*, 11(5), 185-192.
- Barab, S., Dodge, T., Ingram-Goble, A., Peppler, K., Pettyjohn, P., and Volk, C. 2010. "Pedagogical dramas and transformationalplay: Narratively rich games for learning". In *Mind, Culture, and Activity*, 17(3), 235-264.
- Beketayev, K., Runco, M. A. 2016. "Scoring divergent thinking tests by computer with a semantics-based algorithm". In *Europe's journal of psychology*, , vol. 12, no 2, p. 210.
- Blunt, R. 2007. "Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies". In *Interservice/Industry Training Simulation & Education Conference (IITSEC)*. Orlando, Florida, USA: NTSA.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60
- Bos, B., Wilder, L., Cook, M., & O'Donnell, R. 2014. "Learning mathematics through Minecraft". In *Teaching Children Mathematics*, 21(1), 56-59.
- Brand, J., and Kinash, S. 2013. Crafting minds in Minecraft. *Education Technology Solutions*, 55, 56-58.
- Canossa, A., Martínez, J., and Togelius, J. 2013. "Give me a reason to dig Minecraft and psychology of motivation". In *Computational Intelligence in Games (CIG)*, (pp. 1-8). IEEE Conference: IEEE.
- Omitted for blinded review
- Corbalán, F., Martínez, D., Donolo, C., Alonso, M., Tejerina, M., and Limiñana, M. 2006. *CREA*. In *Inteligencia creativa. Una medida cognitiva de la creatividad*. Madrid: TEA Ediciones.
- Craft, J. 2016. "Rebuilding an Empire with Minecraft: Bringing the Classics into the Digital Space". In *The Classical Journal*, 111(3), 347-364.
- Davidson, D. 2011. *Well Played-Vol. 1, No. 1*. Pittsburgh, PA, PA: Entertainment Technology Center Press.
- Omitted for blinded review
- Omitted for blinded review
- Omitted for blinded review
- Omitted for blinded review
- De la Torre, S., & Marín, R. 1991. Manual de la creatividad. *Barcelona: Aplicaciones*.
- Garaigordobil, M., and Pérez J. I. 2002. "Efectos de la participación en el programa de arte Ikertze sobre la creatividad verbal y gráfica". In *Anales de psicología*, vol. 18, no 1.
- Garaigordobil, M. and Pérez, J. I. 2004. "Un estudio de las relaciones entre distintos ámbitos creativos". In *Educación y ciencia*, vol. 16, p. 11-21.
- Gee, O. 2013. Swedish school makes *Minecraft* a must. *The Local*, p. 9.
- González, A. M., Carbonell, C., Saorín, J. L., and De la Torre, J. 2011. "3D Modeling for competences development of new degrees within the field of maritime". In *Journal of Maritime Research*, 8(3), 71-85.
- Guilford, J. P. 1951. *A Factor-analytic Study of Creative Thinking: Part I. Hypothesis and Description of Tests*. University of Southern California.
- Hocevar, D. and Bachelor, P. A. 1989. "Taxonomy and critique of measurements used in the study of creativity". In *Handbook of creativity*. Springer, Boston, MA., p. 53-75.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

- Hocevar, D. and Michael, W. B. 1979. "The effects of scoring formulas on the discriminant validity of tests of divergent thinking". In *Educational and Psychological Measurement*, vol. 39, no 4, p. 917-921.
- Lifante Gil, Y. 2011a. *Fomento de la creatividad en el alumnado universitario: una experiencia innovadora para la titulación de ingeniería química de la Universitat de València* (Doctoral dissertation).
- Lifante Gil, Y. 2011b. *Ingenieros Creativos*. Valencia: Editorial Alfa Delta Digital.
- Linn, Marcia C., and Anne C. Petersen. 1985. "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis". In *Child development*: 1479-1498.
- Liu, Z., and Schonwetter, D. 2004. "Teaching Creativity in Engineering". In *International Journal of Engineering Education*, 20 (5), 801-808.
- Omitted for blinded review
- Martin, J. 1991. Engineering Education in a New World Order. In *Frontiers in Education Conference, Twenty-First Annual Conference*. (pp. 141 - 144). West Lafayette, IN: IEEE.
- Omitted for blinded review
- Omitted for blinded review
- Mills, J. 2016, April 13. *Heritagedaily*. Retrieved from Recreating medieval towns an example of why Minecraft is a great learning tool:  
<http://www.heritagedaily.com/2016/02/recreating-medieval-towns-an-example-of-why-Minecraft-is-a-great-learning-tool/109640>
- Morón Macías, M. C. 2010. "Un principio de intervención educativa: el juego y los juguetes en educación infantil. Temas para la Educación". In *Revista Digital para profesionales de la enseñanza*, 1-9 (10).
- Overby, A., and Jones, B. 2015. "Virtual LEGOs: Incorporating Minecraft Into the Art Education Curriculum". in *Art Education*, 68(1), 21-27.
- Prensky, M. 2001. "Digital natives, digital immigrants" part 1. In *On the horizon*, 9(5), 1-6.
- Runco, M. A., Okuda, S. M. and Thurston, B. J. 1987. The psychometric properties of four systems for scoring divergent thinking tests. *Journal of Psychoeducational Assessment*, vol. 5, no 2, p. 149-156.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Saez-Lopez, J., and Dominguez-Garrido, M. 2014. "Integración pedagógica de la aplicación Minecraft Edu en Educación Primaria: Un estudio de caso". In *Píxel-Bit, Revista de medios y educación*, 45, 95-110.

Omitted for blinded review

Omitted for blinded review

Omitted for blinded review

Omitted for blinded review

Omitted for blinded review

Shaw, M. 2001. *Engineering Problem Solving: A Classical Perspective*. Norwich, NY: Noyes Publications.

Short, D. 2012. "Teaching scientific concepts using a virtual world - Minecraft". In *Teaching Science-the Journal of the Australian Science Teachers Association*, 58(3), 55.

Shute, V., Ventura, M., Bauer, M., and Zapata-Rivera, D. 2009. *Melding the power of serious games and embedded assessment to monitor and foster learning*. Routledge.

Smith, P. K., & Pellegrini, A. 2013. "Learning through play". In *Encyclopedia on Early Childhood Development*, 1 - 6.

Soler, A., Luzón, V., Ortega, M., and Doménech, J. 2015. "Aplicaciones educativas de los videojuegos: una propuesta didáctica con Minecraft para el aula de ciencias". In *Revista Internacional de Aprendizaje y CiberSociedad*, 19(1).

Susi, T., Johannesson, M., and Backlund, P. 2007. Serious games: An overview. Recuperado a partir de <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:2416>

Tatarkevicz, W. 1988. *Historia de seis ideas: arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética*. Madrid: Tecnos.

Torrance, E. P., Ball, O. E. and Saftir, H. T. 1966. Torrance tests of creative thinking. Scholastic Testing Service.

Treffinger, D. J. 2003. "Assessment and measurement in creativity and creative problem solving". In *The educational psychology of creativity*, p. 59-93.

Uttal, D. H., & Cohen, C. A. 2012. "Spatial thinking and STEM education: When, why, and how?". In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 57, pp. 147-181). Academic Press.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Wendel, V., Gutjahr, M., Battenberg, P., Ness, R., Fahnenschreiber, S., Göbel, S., and  
Steinmetz, R. 2013. "Designing a Collaborative Serious Game for Team  
Building Using Minecraft". In European Conference on Games Based Learning  
(p. 569). Academic Conferences International Limited.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO II\_ Artículos en revisión en revistas indexadas

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtpe> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Table 1.** Abreaction Test for Evaluating Creativity results

<b>Treatment Group Abreaction Test for Evaluating Creativity results</b>				
	<b>Pre-test Mean Score (s.d.)</b>	<b>Post-test Mean Score (s.d.)</b>	<b>Gain (s.d.)</b>	<b>p-value</b>
<b>Creativity Test Score</b> <i>Range: 0 to 324</i>	123.0 (36.83)	181.5 (44.77)	58.5 (40.17)	0.000061098
<b>Creativity Components</b> <i>Range: 0 to 36</i>				
Abreaction	19.84 (7.76)	20.16 (10.99)	0.31 (10.27)	
Originality	17.05 (7.16)	23.63 (7.07)	6.57 (9.50)	
Elaboration	12.15 (7.22)	20.44 (9.02)	8.28 (6.942)	
Fantasy	10.27 (7.27)	18.15 (10.08)	7.88 (9.51)	
Connectivity	11.82 (14.49)	25.51 (16.29)	13.68 (15.50)	
Imaginative scope	16.76 (4.73)	21.88 (7.22)	5.11 (4.99)	
Figurative expansion	26.70 (10.05)	35 (6.39)	8.31 (9.72)	
Expressive richness	7.24 (7.32)	9.13 (8.7)	1.89 (9.72)	
Graphic skill	1.06 (2.43)	7.55 (6.14)	6.42 (5.99)	

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**Table 2.** Questionnaire

Question	Results (1-5)	Desv.
I think that the Minecraft workshop can help improve my creativity.	4.42	0.51
Minecraft is a good tool to perform normalized view exercises.	3.74	0.87
Using video games to learn the normalized views seems interesting to me.	4.42	0.69
The use of video games allows the three-dimensional concepts of technical drawing to be better understood.	4.53	0.70
The use of Minecraft for 3D modelling in the classroom seems very interesting to me.	3.79	0.85
I prefer to learn the concepts of normalized views in exercises with Minecraft than in a traditional way.	3.74	1.05
I find it interesting and motivating to learn through a video game.	4.21	0.71

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

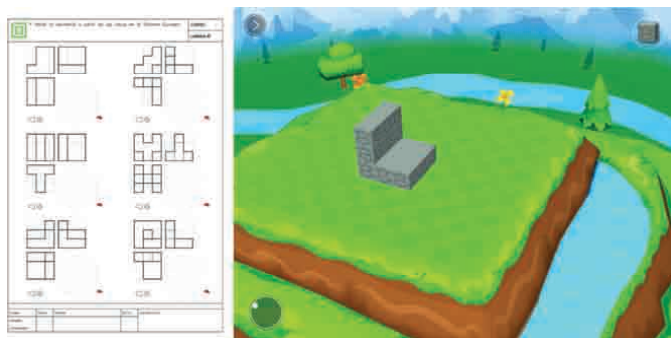


Figure 1. Construction of 3D models with Blokify starting from the standardised views on paper from Anfore 3D.

412x202mm (300 x 300 DPI)

Review Only

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60



Figure 2. Pieces from Anfore 3D made with Minecraft and 3D printers.

256x88mm (300 x 300 DPI)

Peer Review Only

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

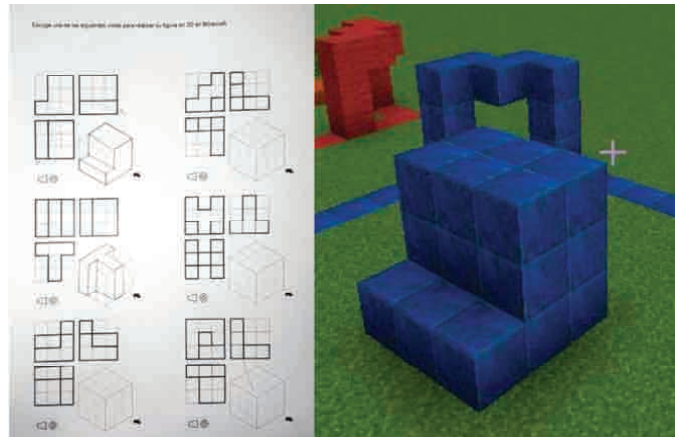


Figure 3. Training activity. 3D Modelling of a piece in Minecraft from the standardized views in Anfore 3D.

325x209mm (300 x 300 DPI)

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

Technology, Pedagogy and Education

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

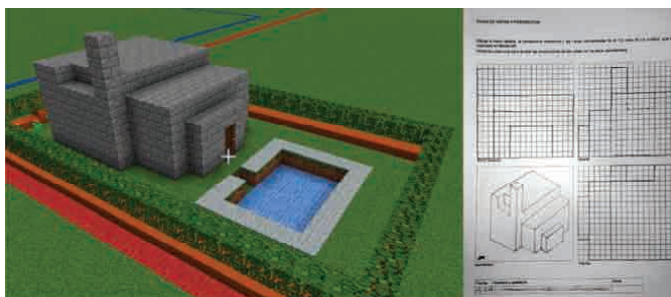


Figure 4. Dream house activity. Standardized views of the "dream house" from a free Minecraft con:

423x184mm (300 x 300 DPI)

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/rtp> Email: [editing@gmail.com](mailto:editing@gmail.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## ANEXO III

### OTRAS PUBLICACIONES

FASE I	<b>PUBLICACIÓN Nº 09</b>
	<b>Comunicación a Congreso:</b> <i>Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería</i> III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC) ISBN: 978-84-608-2907-2 Octubre 2015. MADRID (España)
	<b>PUBLICACIÓN Nº 10</b>
	<b>Capítulos de libro:</b> 2, 3, 4, 6 " <i>Prototipado Digital, Fabricación e impresión 3D. Talleres Prácticos</i> " EDITORIAL: Bubok Publishing S.L. ISBN: 78-84-686-5345-7 Junio 2014
FASE I	<b>PUBLICACIÓN Nº 11</b>
	<b>Capítulo de libro:</b> <i>Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula. De la innovación imaginada a los procesos de cambio.</i> EDITORIAL: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna ISBN: 978-84-15939-62-7 2018
	<b>PUBLICACIÓN Nº 12</b>
FASE II	<b>Libro:</b> <i>Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo</i> EDITORIAL: Bubok Publishing S.L. ISBN: 978-84-686-8670-7 Junio 2016
	<b>PUBLICACIÓN Nº 13</b>
	<b>Capítulo de libro:</b> <i>Creación e inserción de modelos 3d en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en ingeniería.</i> EDITORIAL: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna ISBN: 987-84-15939-57-3 2017
FASE II	<b>PUBLICACIÓN Nº 14</b>
	<b>Comunicación a Congreso:</b> <i>Art and Creativity in Engineering Graphics Education using digital Tablets with Autodesk Formit.</i> World Congress on Education (WCE) ISBN: 978-1-908320-59-9 Octubre 2015. DUBLÍN (Irlanda)
FASE III	<b>PUBLICACIÓN Nº 15</b>
	<b>Comunicación a Congreso:</b> <i>Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad.</i> Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación (CINIE). ISBN: 9-788416-397556 Marzo 2017. MADRID (España)



Anexo III 138

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 09

---

*Competencia creativa en estudios de Grado en Ingeniería*

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC)  
pp: 40-44

ISBN: 978-84-608-2907-2

*Octubre 2015*

*Madrid (España)*

.....

José Luis Saorín Pérez

Jorge de la Torre Cantero

Dámari Melián Díaz

Celile Meier

Yolanda Lifante Gil



Anexo III 139

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



**LA SOCIEDAD DEL APRENDIZAJE. ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD. CINAIC 2015**

*Editores:* Ángel Fidalgo Blanco, María Luisa Sein-Echaluze Lacleta y Francisco José García-Peñalvo.

*Editorial:*

Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Calle Pastor, 3, 28003 Madrid.

*Lugar y fecha:* Madrid. Octubre de 2015.

*ISBN:* 978-84-608-2907-2



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – SinObraDerivada (cc BY-NC-ND). Ver descripción de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

*Diseño de Cubierta:* Kyan Shokouhi Dios.

*Formato:* Javier Pinilla Martínez y Kyan Shokouhi Dios.

*Referencia a esta obra:*

Fidalgo Blanco, A., Sein-Echaluze Lacleta, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2015). *La Sociedad del Aprendizaje. Actas del III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad. CINAIC 2015 (14-16 de Octubre de 2015, Madrid, España)*. Madrid. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Competencia Creativa en estudios de grado en Ingeniería Creative skill in Bachelor studies of Engineering

Jose Luis Saorín<sup>1</sup>, Jorge de la Torre-Cantero<sup>1</sup>, Dámari Melián-Díaz<sup>1</sup>, Cecile Meier<sup>1</sup>, Yolanda Lifante<sup>2</sup>  
jlsaorin@ull.es, jcantero@ull.edu.es, damarimd@gmail.com, cecilemeier023@gmail.com, yolanda.lifante@uv.es

<sup>1</sup>Departamento Técnicas y Proyectos  
Arquitectura e Ingeniería.  
Universidad de La Laguna  
La Laguna, España

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química  
Universidad de Valencia  
Burjassot, España

**Resumen-** La definición y clasificación de las competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior se basa en el proyecto Tuning. Este proyecto incluye, como una competencia genérica, la capacidad de generar nuevas ideas (creatividad), en las universidades españolas se mencionan en los libros blancos de Ingenierías. La importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería es un aspecto cada vez más importante en muchos países, aunque todavía no es un enfoque generalizado. Durante los cursos 2013-2014 y 2014-2015 se ha medido la creatividad de alumnos de primero de la Universidad de La Laguna y la Universidad de Valencia con el llamado Test de Abreacción de la Creatividad. En este artículo se detalla un experimento llevado a cabo con 107 alumnos de tres carreras de Ingeniería y Bellas Artes. De esta manera se puede obtener un resultado objetivo sobre el valor de la creatividad que poseen alumnos y compararlo con estudios de carácter creativo.

**Palabras clave:** Creatividad, Ingeniería, Educación

**Abstract-** The definition and classification of student's capacities in the European Higher Education Area are based on the Tuning project. This project includes, as a generic skill, the ability to generate new ideas (creativity), in Spanish universities are mentioned in the White Papers of Engineering. The importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries, although it is not yet widespread approach. During the 2013-2014 and 2014-2015 courses it has been measured the creativity of freshmen students at the University of La Laguna and the University of Valencia with the Abreaction Test of Creativity. In this paper an experiment conducted with 107 students from three different Bachelor of Engineering and Fine Arts is detailed. With this experiment it is obtained objective result of the creativity skill that have students and can be compared.

**Keywords:** Creativity, Engineering, Education

### 1. INTRODUCCIÓN

Fomentar y proporcionar oportunidades que inciten la creatividad en estudiantes de ingeniería es uno de los retos que se espera hoy en día de instituciones como la Universidad (C. Baillie, 2002). Se busca que los ingenieros sean personas capaces de resolver problemas de manera original y creativa, así como que tengan un pensamiento crítico tanto individual como colectivo, dado que necesitan una mente creativa para poder diseñar productos o buscar soluciones que mejoren los ya existentes. Se debería intentar fomentar un modelo de enseñanza creativo con el cual se aprendan estrategias orientadas a la resolución de problemas y a través de la cual se ayude a los alumnos a aprender más acerca de sus propias

habilidades creativas, logrando un mayor éxito y satisfacción personal a través de los esfuerzos creativos (Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J., 2004).

Existen investigaciones en Estados Unidos y Europa (M. C. Shaw, 2001, J. C. Martin, 1991) que muestran que en la actualidad las empresas buscan personas creativas e innovadoras, debido, entre otras cosas a que dichas empresas se enfrentan cada día más a nuevos retos y por lo tanto, necesitan personal capaz de solventarlos de manera eficaz. Son ese tipo de profesionales, con iniciativa, alta inteligencia emocional y sobre todo creativas, las más capacitadas para cumplir las expectativas que las nuevas empresas exigen. Por este motivo, es importante incorporar la competencia artística y creativa dentro de estudios donde a priori, no deberían tener una especial importancia, intentando mejorar así aspectos como la búsqueda de diferentes soluciones a un mismo problema.

En este artículo se pretende esclarecer el concepto de creatividad, ver que instrumentos permiten medirla y medir el valor de dicha competencia en estudiantes de primero de grado de ingeniería. Adicionalmente se pretende comparar dichas mediciones con alumnos de estudios de carácter eminentemente creativo como por ejemplo BBAA. Este es un primer paso necesario para poder establecer estrategias educativas que permitan la mejora de la competencia creativa en estudios de ingeniería.

### 2. CONTEXTO

#### A. Creatividad como competencia en ingeniería

Actualmente el plan de estudios de la Educación Superior está diseñado en base a la adquisición de habilidades. El término "competencia" viene definido por la Comisión Europea como la capacidad demostrada para utilizar los conocimientos y habilidades, siendo el conocimiento el resultado de la asimilación de información que tiene lugar a lo largo del aprendizaje.

Una competencia prevista en los estudios de ingeniería es la capacidad de visión espacial. Esta competencia también es considerada por varios autores como fundamentales para la realización de tareas de ingeniería (Adánz, G. et al., 1992). Hay mucha investigación para mejorar y medir las habilidades espaciales (Saorín, J. et al, 2009). Resolver problemas de forma creativa es otra habilidad genérica que aparece en carreras de ingeniería. La definición y clasificación de las

competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior se basa en el proyecto Tuning (Proyecto Tuning, Competencias, 2014). Este proyecto incluye, como una competencia genérica, la capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) y en las universidades españolas se mencionan en los libros blancos de Ingenierías (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, 2014). La importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería es un aspecto cada vez más importante en muchos países, aunque todavía no es un enfoque generalizado (Liu, ZE, et al., 2004).

Además, las instituciones como la Academia Nacional de Ingeniería en los EE.UU. en su informe estratégico El Ingeniero de 2020 (Academia Nacional de Ingeniería, 2004, Academia Nacional de Ingeniería 2005), afirma que las Humanidades y las Ciencias Sociales, Comunicación y Habilidades de presentación son más, o al menos igual de importantes que el conocimiento técnico de un ingeniero profesional. Precisamente, en este informe en particular, se dice, "Es apropiado que los ingenieros sean educados para entender y apreciar la historia, la filosofía, la cultura y las artes, junto con los elementos creativos de todas estas disciplinas".

Debido a esto, las escuelas no deberían seguir enseñando disciplinas aisladas, sino avanzar hacia una educación centrada en el humano. Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) deben incluir Arte y Diseño para favorecer la creatividad junto con el razonamiento y por lo tanto, tienden a un nuevo acrónimo para producir vapor ("A" es para las Artes y el Diseño). Este nuevo concepto hace hincapié en el pensamiento a largo plazo para los profesionales de la ingeniería, ya que toma en cuenta el hecho de que el mundo se ha movido en una fase de cambio continuo en el que tienen que estar constantemente adaptándose a las nuevas realidades de trabajo (Boy, GA, 2013).

#### B. Definición de creatividad

Existen numerosos estudios sobre temas relacionados con la creatividad, intentando en muchos casos aportar una definición. Las opiniones para definir este concepto son dispares llegando incluso a asumirla como irrealizable (Corbalán et al., 2006). Sin embargo, existe una gran variedad de definiciones realizadas a lo largo de la historia:

Según Tatarkevich (1998), la historia del término creatividad ha pasado por cuatro fases:

- Durante casi mil años este concepto no existió; solo los romanos utilizaban el término *creator* como sinónimo de padre o fundador.
- Durante los mil años siguientes se empleaba *creator* en el ámbito de la Teología para designar a Dios.
- En el siglo XIX se incorpora dicho término al arte, con la acepción de 'propiedad de los artistas', y aparece el sustantivo *creatividad* para hacer referencia a sus obras.
- A partir del siglo XX el vocablo *creatividad* ya denota cualquier ámbito de la cultura humana: ciencias, política, arte, tecnología, religión, etc. Su uso es ambiguo, dado que los referentes que designa abarcan elementos de

naturaleza distinta, como son proceso, el producto, la persona o el ambiente.

La revisión histórica de algunas de las definiciones recientes más significativas sobre la creatividad, permite concluir que se agrupan en cuatro tipos según el elemento creativo: la persona creativa, el proceso creativo, el producto creativo desarrollado y el clima o contexto en que se crea. (Tesis Lifante Y. 2011)

Algunas de las definiciones más recientes sobre la creatividad son las siguientes:

Saturnino de la Torre (1991) considera a la persona como núcleo del concepto de creatividad, al definirlo como «un potencial humano que podemos definir sencillamente como la capacidad de tener ideas propias y comunicarlas». Otra definición centrada en el individuo creativo es la de Gardner (1995), pero menciona la influencia del clima o contexto: «es una persona que resuelve problemas con regularidad, elabora productos o define cuestiones nuevas en un campo de un modo que al principio es considerado nuevo, pero que al final llega a ser aceptado en un contexto cultural concreto».

En esta misma línea, Saturnino de la Torre (1991) también expone que «en todo acto creativo nos encontramos con una persona capaz de percibir estímulos del medio, transformarlos de modo original o nuevo y comunicarlos. Dicho más sencillamente, de tener ideas personales y saber comunicarlas». Como se deduce de las afirmaciones de ambos autores, la creatividad involucra procesos cognitivos (por ejemplo, flexibilidad, fluidez, originalidad y generación de conexiones novedosas), procesos afectivos (tales como la apertura, la inclinación a tomar riesgos, la persistencia, la tolerancia a la ambigüedad y la gestión de las emociones durante el proceso creativo) y procesos neurológicos, sociales y de comunicación, entre otros, por lo que su estudio no puede abordarse desde un solo punto de vista.

Alonso Monreal (1997) define la creatividad como «la capacidad de utilizar la información y los conocimientos de forma nueva, y de encontrar soluciones divergentes para los problemas». Por su parte, Blanco (2009) explica que esta es «la capacidad o aptitud para generar alternativas a partir de una información dada, poniendo el énfasis en la variedad, cantidad y relevancia de los resultados. Se trata de cualquier acto, idea o producto que transforma un campo ya existente en uno nuevo». Estas dos últimas definiciones son las que más se acercan al concepto que se busca en los alumnos de Ingeniería de la ULL, el de buscar diferentes soluciones a un mismo problema.

#### C. Instrumentos que miden la creatividad

Los test de creatividad se originan en la Segunda Guerra Mundial, momento en que las fuerzas aéreas encargaron a J.P. Guilford, psicólogo de la Universidad de California, que estudiara la manera de seleccionar pilotos que, ante una situación de emergencia, reaccionaran con una conducta original, con la que el piloto lograra salvar tanto su vida como el avión. Tras la investigación de este autor, se han publicado más de 155 recursos para evaluar la creatividad. No obstante, con anterioridad a Guilford, ya se habían evaluado los indicadores de la creatividad por parte de otros autores en los campos de la música (Test de Aptitudes Musicales de

Seashore, apud Hertz 2010) y las artes visuales (Lewerenz, apud Hertz 2010). Es más, la evaluación de indicadores como la individualidad y el asociacionismo se remonta a 1910 (Test de Libre Asociaci3n de Kent- Rosanoff, apud Hertz 2010).

Se ha considerado apropiado explicar brevemente los 4 instrumentos de medida más utilizados en España donde se mencionan los rasgos que se valoran en cada instrumento, los factores que estudia, y su adecuaci3n o no para el objeto de an3lisis que nos ocupa:

- La bater3a de la creatividad de Guilford (1971): Este instrumento valora los rasgos de fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboraci3n y sensibilidad. Analiza los factores fundamentales correspondientes al pensamiento divergente, por ser este el que se interpreta de ordinario como correspondiente a la creatividad.
- Los Test de Pensamiento Creativo de Torrance (TTCT) (1966): Los rasgos que se valoran en este test son los de fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboraci3n, inventiva y penetraci3n. Estudia una capacidad creativa general, busca modelos del proceso creador en su desarrollo natural, lo que a su vez confiere a los test una capacidad de manejo metodol3gico más accesible y una buena fiabilidad de los resultados.
- El test CREA de Corbal3n et al. (2006): Esta herramienta se puede aplicar con individuos de 6 a3os de edad en adelante, tanto hombres como mujeres, y resulta 3til en los 3mbitos cl3nico, educativo y organizacional, y en la pr3ctica de las artes, dise3o y publicidad. A diferencia de la bater3a de Guilford, que toma en consideraci3n los cinco factores anteriormente mencionados, el test CREA propone una medida 3nica de la creatividad, ya que se estudia como un estilo psicol3gico. As3, el CREA utiliza como procedimiento para medir la creatividad la capacidad del sujeto para elaborar preguntas, que sirven como indicador.
- El test de Abreacci3n para Evaluar la Creatividad (TAEC). Esta prueba se puede aplicar desde preescolar hasta la edad adulta, es un test gr3fico-inductivo de complecci3n de figuras, es por este motivo por el que se ha elegido este test para realizar esta experiencia.

### 3. DESCRIPCI3N

#### A. Metodolog3a

Este estudio tiene como objetivo medir la creatividad y realizar una comparativa entre alumnos de primer curso de cuatro carreras universitarias, tanto de la Universidad de La Laguna como de la Universidad de Valencia. Para la medici3n de la creatividad se ha utilizado el TAEC, Test de Abreacci3n de la Creatividad, de Saturnino de la Torre el cual se explicará más adelante. La prueba se ha realizado con 107 alumnos (Figura 1) de diferentes carreras, de car3cter tanto t3cnico como art3stico. Se decide pasar el test a alumnos de primero de carreras de Ingenier3a porque se entiende que todos est3n al mismo nivel educativo y creativo. Una de las muestras es pasada a alumnos de primero de Bellas Artes ya que previamente han cursado un Bachillerato de Arte se quiere comprobar si presentan una puntuaci3n mayor en el test.

Se programan cuatro sesiones, una por cada grupo, durante dos cursos acad3micos. El primer test se le pasa a 20 alumnos del primer curso de Ingenier3a Qu3mica de la Universidad de Valencia durante el segundo Cuatrimestre del curso 2013/2014. La segunda muestra se realiza con 45 alumnos de primero de Ingenier3a Electr3nica Industrial y Autom3tica durante el primer Cuatrimestre del curso acad3mico 2014/2015 en la Universidad de La Laguna. Para la tercera muestra se han cogido datos de 17 alumnos de primero de Bellas Artes durante el segundo Cuatrimestre tambi3n de la Universidad de La Laguna y en este curso 2014/2015. Por 3ltimo, se realiza el test a 25 alumnos de primero de Ingenier3a Inform3tica de la Universidad de La Laguna durante el segundo Cuatrimestre de este curso 2014/2015.

Para la realizaci3n del test TAEC solo es necesario tener una ficha donde vienen las figuras base del test dibujadas. Se reparte una ficha por cada alumno donde se debe apuntar sus datos, la hora de inicio del test y la hora a la que lo termina. El alumno tiene completa libertad para dibujar sobre esa ficha lo que se le ocurra partiendo de las figuras base dadas, ya sea en lápiz de grafito o lápices de colores o bol3grafo.



Figura 1

#### B. Instrumentos de medida

El instrumento usado para medir la creatividad es el Test de Abreacci3n de la Creatividad, TAEC (Saturnino de la Torre, 1991). Se ha elegido este entre todos los existentes debido a que es un test gr3fico-inductivo de compleccion de figuras, muy adecuado para ser usado en el contexto de la asignatura de Expresi3n Gr3fica por parte de las carreras de Ingenier3a y en la asignatura Escultura 1 por parte de la carrera de Bellas Artes.

Este test (Figura 2) se puede aplicar a alumnos de diferentes edades, desde preescolar hasta la edad adulta ya que cuenta con dos variables seg3n la edad del usuario. Carece de Instrucciones espec3ficas, pudiendo ser utilizado por cualquier profesor sin conocimientos previos sobre el tema. Tampoco presenta dificultades en la realizaci3n por parte del sujeto, por tanto tiene plena libertad en la forma de realizarlo.

ANEXO III\_ Otras publicaciones

En lo que concierne a su estructura, el test se compone de 12 figuras con un total de 36 aberturas, en posiciones, formas y reclamos diversos. Una vez el alumno realiza sus dibujos o composici3n global, se valoran los rasgos de resistencia al cierre, originalidad, elaboraci3n, fantas3a, conectividad (integraci3n creativa), alcance imaginativo, expansi3n figurativa, riqueza expresiva, habilidad gr3fica, morfolog3a de la imagen y estilo creativo, a trav3s del est3mulo gr3fico. Tambi3n se tiene en cuenta el tiempo que el alumno tarda en realizarlo.

Para la valoraci3n se utilizan dos criterios, uno global y otro anal3tico. La estimaci3n global permite situar de una manera r3pida el estado del Sujeto, en un nivel Bajo, Medio o Alto. Sin embargo, la valoraci3n anal3tica de cada una de las figuras permite cuantificar los resultados y obtener estudios comparativos.

Es un instrumento que ha servido para comparar la creatividad en distintos pa3ses y personas con diferente lengua por su facilidad de utilizaci3n en cualquier cultura. Asimismo, ha resultado muy 3til para comprobar el progreso en creatividad de un grupo de alumnos.



Figura 2

4. RESULTADOS

Despu3s de la experiencia realizada se obtienen los siguientes resultados para estudios de Ingenier3a mostrados en la tabla 1. Donde se aprecia el numero de alumnos que ha realizado el test en cada carrera, la media obtenida por el grupo, su desviaci3n t3pica y el porcentaje obtenido.

Para tener una referencia del valor de la creatividad en ingenier3a, la media de todas las experiencias realizadas en ingenier3a se compara con los resultados obtenidos en Bellas Artes.

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos en las carreras de Ingenier3a y la de BBAA.

Tabla 1

Carrera	Nº Alumnos	Media (Des. t3pica)	% Total (total=324)
Ing. Qu3mica	20	111,4 (52,0)	34,38%
Ing. Electr3nica	45	109,0 (35,7)	33,64%
Ing. Inform3tica	25	125,1 (54,2)	38,61%
<b>Media en Ingenier3a</b>		<b>115,16</b>	

Tabla 2

Carrera	Nº Alumnos	Media (Des. t3pica)	% Total (total=324)
Ingenier3as (tres anteriores)	90	115,16 (45,3)	35,54%
Bellas Artes	16	159,5 (66,51)	49,2%
<b>P valor</b>		<b>0,00089</b>	

Para valorar si la diferencias de media es significativa, se realiza una prueba t-Student para muestras no emparejadas. Se parte de la hip3tesis nula (H0): Las medias en ingenier3a y BBAA son iguales. Se obtiene un p-valor que representa la probabilidad de que dicha afirmaci3n sea cierta.

El p-valor obtenido, 0,00089 es menor que 0,01, es decir, el nivel de significaci3n no llega al 1%, por lo que se rechaza la hip3tesis nula y se puede afirmar con un nivel de significaci3n superior al 99% que la media de los valores de creatividad en estudiantes de BBAA es mayor que la media de creatividad en estudiantes de ingenier3a.

Este documento incorpora firma electr3nica, y es copia aut3ntica de un documento electr3nico archivado por la ULL seg3n la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente direcci3n <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

C3digo de verificaci3n: 7YLarVRg

Firmado por: D3mari Meli3n D3az  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Figura 3

#### 5. CONCLUSIONES

Después de realizar las mediciones podemos concluir que:

Los alumnos de primero del grado de Bellas Artes obtienen mejores resultados (significación estadística superior al 99%) que los alumnos de primero de Grado de Ingeniería.

Los valores relativos obtenidos por los alumnos de ingeniería (35,54% del total), permiten pensar que la competencia creativa tiene margen para ser mejorada de manera significativa en estos alumnos a lo largo de los estudios de grado.

Se propone como futuro trabajo el desarrollo de actividades orientadas a la mejora de la creatividad en ingeniería. Se pretende medir el grado de mejora obtenido con esas actividades. Por otro lado, se propone como primera idea partir del análisis de algunas actividades creativas que se realizan en los estudios del grado Bellas Artes ya que se comprueba que tienen mayor competencia creativa.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación concedida a la ULL por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad

de la Información, cofinanciada en un 85% por el Fondo Social Europeo.

#### REFERENCIAS

Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, Libros Blancos.

<http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Otros-documentos-de-interes/Libros-Blancos>

Blanco, A. (2009). Desarrollo y evaluación de competencias en Educación Superior. Editorial Narcea S.A.

Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. Proceeding of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. (p. Art. No 3). New York: ECCE.

C. Baillie (2002). Enhancing creativity in engineering students, Eng. Sci. Educ. J., 11 pp. 185±192

Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J. (2004). Teaching Creativity in Engineering. International Journal of Engineering Education, 20 (5), pp. 801-808.

Gardner, H. (1995). Inteligencias múltiples: la teoría en la práctica. Barcelona: Editorial Paidós.

Lifante Gil, Y. (2011). Fomento de la creatividad en el alumnado universitario: una experiencia innovadora para la titulación de ingeniería química de la Universitat de València. Tesis Doctoral.

M. C. Shaw, (2001). Engineering Problem Solving: A Classical Perspective, Noyes Publications, Norwich, NY.

Saorín, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. DYNA-Ingeniería e Industria, 84 (9), pp. 721-732.

Tatarkievicz, W. (1988). Historia de seis ideas: arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética. Madrid: Editorial Tecnos.

Torre de la Torre, S. (1991). Manual de la creatividad: aplicaciones educativas. Barcelona: Editorial Vicens Vives.

Torre de la Torre, S. (1991). Evaluación de la creatividad. TAEC, un instrumento de apoyo a la reforma. Madrid: Editorial Escuela Española, S.A.

Tuning Project Competences. From Tuning. Educational Structures in Europe.

<http://www.unideusto.org/tuningeu/home.html>, Accessed 24 February 2011

## PUBLICACIÓN Nº: 10

---

### Libro "Prototipado Digital, Fabricación e impresión 3D. Talleres Prácticos"

Capítulo 2: *"Crea tus prototipos con 123D Design"* pp: 16-21

Capítulo 3: *"Convierte tus fotografías en modelos 3D con 123D Catch"* pp: 22-26

Capítulo 4: *"Spy arquitecto por un día"* pp: 27-31

Capítulo 6: *"Del modelado a la fabricación con 123D Make"* pp: 37-42

EDITORIAL: Bubok Publishing S.L  
ISBN: 78-84-686-5345-7

*Junio 2014*

.....

Norena Martín Dorta

José Luis Saorín Pérez

Jorge de la Torre Cantero

Dámari Melián Díaz

Celile Meier



Anexo III 147

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

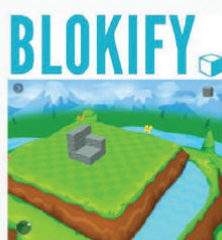


# moveFAB

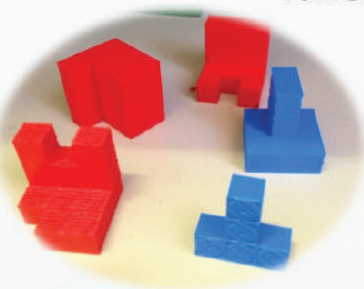
## PROGRAMA PILOTO DE FOMENTO DE LA CREATIVIDAD Y EL TALENTO A TRAVÉS DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

PROTOTIPADO DIGITAL,  
FABRICACIÓN E IMPRESIÓN 3D

Talleres prácticos



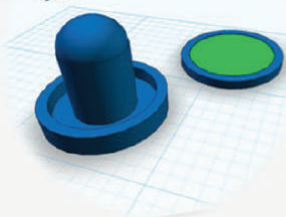
3D Conceptual Design.  
Any time. Anywhere.



*Dirección:*  
Norena Martín Dorta

*Coordinadores:*  
Jose Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero

Crea tus prototipos



ULL | Universidad  
de La Laguna

Fundación General  
Universidad de La Laguna



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



**Dirección:** Norena Martín Dorta

**Coordinación de contenidos:** Jose Luis Saorín Pérez y Jorge de la Torre Cantero.

© Norena Martín Dorta  
© Jorge de la Torre Cantero  
© Jose Luis Saorín Pérez  
© Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos  
ISBN papel: 978-84-686-5345-7  
Impreso en España  
Editado por Bubok Publishing S.L  
Primera edición: Junio, 2014  
Editado en La Laguna, España

El presente monográfico se publica bajo una  
licencia Creative Commons del tipo:  
Reconocimiento-NoComercial-  
SinObraDerivada



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

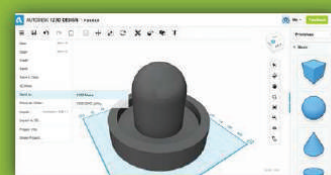
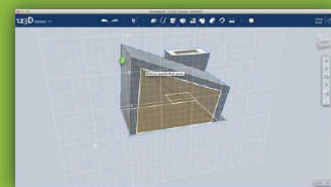
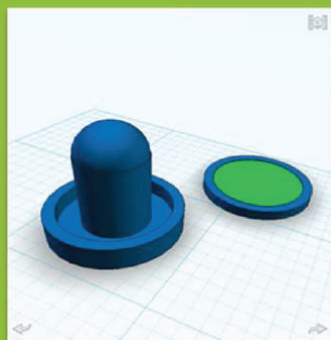
Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Crea tus Prototipos con 123D Design

Norena Martín Dorta  
Dámari Melián Díaz

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo,  
Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: ESO y Bachiller.



16

### 1. Para Comenzar

123D Design (<http://www.123dapp.com/design>) es una aplicación que forma parte del paquete "123D" de aplicaciones de Autodesk®, todas ellas gratuitas. Es un software multiplataforma. Se puede descargar para PC, para iPad/iPhone o lanzar on-line en el navegador. Con él vamos a ser capaces de crear y editar prototipos rápidos, que luego podremos imprimir en una impresora 3D.

En el siguiente vídeo podrás descubrir cómo funciona la versión on-line:

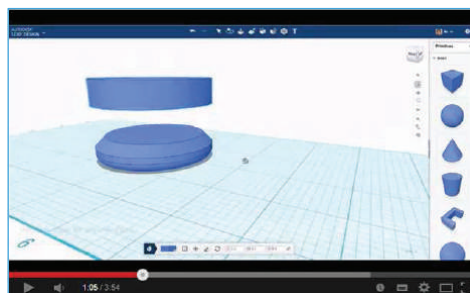


Figura 12. Funcionamiento de Autodesk 123D Design via web. (<http://goo.gl/koE4Et>)

### 2. Objetivos Didácticos

Los objetivos didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- ... Desarrollar las capacidades que permitan expresar con precisión y objetividad las soluciones gráficas.
- ... Comprender y representar formas y modelos 3D.
- ... Fomentar el método y el razonamiento como medio de transmisión de las ideas científico-técnicas.
- ... Expresarse con creatividad, mediante el uso de las herramientas del lenguaje plástico y visual actual y saber relacionarlas con otros ámbitos de conocimiento.
- ... Utilizar, reconocer e interpretar las diversas técnicas plásticas y visuales y las tecnologías de la información y la comunicación para aplicarlas en las propias creaciones.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

# moveFAB

## PROGRAMA PILOTO DE FOMENTO DE LA CREATIVIDAD Y EL TALENTO A TRAVÉS DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

### PROTOTIPADO DIGITAL, FABRICACIÓN E IMPRESIÓN 3D

#### Talleres prácticos



3D Conceptual Design.  
Any time. Anywhere.



*Crea tus prototipos*



**Dirección:**  
Norena Martín Dorta

**Coordinadores:**  
Jose Luis Saorin Pérez  
Jorge de la Torre Cantero



Universidad de La Laguna



Fundación General  
Universidad de La Laguna



CABILDO DE TENERIFE

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Dirección:** Norena Martín Dorta

**Coordinación de contenidos:** Jose Luis Saorín Pérez y Jorge de la Torre Cantero.

© Norena Martín Dorta  
© Jorge de la Torre Cantero  
© Jose Luis Saorín Pérez  
© Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos  
ISBN papel: 978-84-686-5345-7  
Impreso en España  
Editado por Bubok Publishing S.L  
Primera edición: Junio, 2014  
Editado en La Laguna, España

El presente monográfico se publica bajo una  
licencia Creative Commons del tipo:  
Reconocimiento-NoComercial-  
SinObraDerivada



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

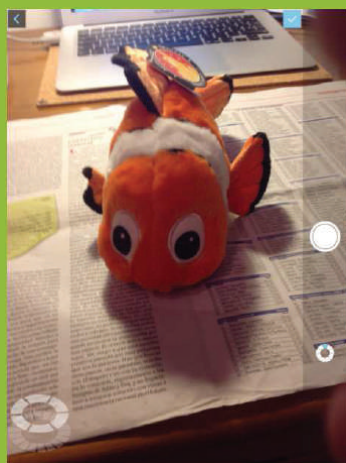
Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Convierte tus Fotografías en Modelos 3D con 123D Catch

Jorge de la Torre Cantero  
Dámari Melián Díaz

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo,  
Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: ESO y Bachiller.



### 1. Para Comenzar

Recrear las figuras que nos rodean en tres dimensiones es cada vez una tarea más sencilla. Debido al creciente interés de las impresoras 3D y de los programas que aparecen en torno a éstas, cada vez será más interesante poder crear modelos tridimensionales reales de objetos, edificios, personas...

La aplicación que se utilizará para realizar esta actividad es el 123D Catch, de la Suite de Autodesk. Funciona en varias versiones (<http://www.123dapp.com/catch>):

- ... Existe la versión web, que simplemente requiere que se acceda a su página, se inicie sesión, y se suban las imágenes tomadas, para que el servidor de Autodesk cree el modelo tridimensional.
- ... También está disponible una versión que se puede instalar en un ordenador con Windows.
- ... Por último, existe también una versión para dispositivos iOS, (iphone y ipad).

El funcionamiento de esta aplicación se basa en analizar unas fotografías que realizamos a un objeto. Una vez realizadas dichas fotografías, el programa se encarga de enviarlas a la nube de Autodesk, da igual la versión en la que estemos trabajando, ya que siempre actúa de la misma manera. Una vez se haya terminado de realizar el modelo 3D se puede entrar en la versión web y editarlo (instalando un plugin).

En el siguiente vídeo podrás descubrir cómo funciona la versión on-line:

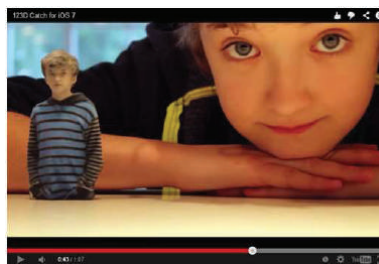


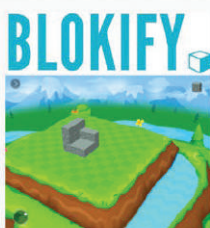
Figura 29. Video promocional de Autodesk 123D Catch (<http://goo.gl/1p96Vh>)

**moveFAB**

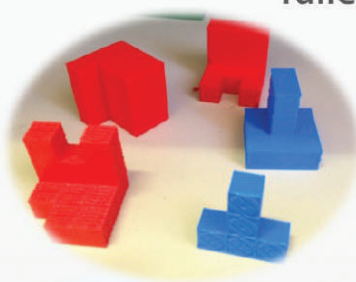
**PROGRAMA PILOTO DE FOMENTO DE  
LA CREATIVIDAD Y EL TALENTO A  
TRAVÉS DE LA FABRICACIÓN DIGITAL**

**PROTOTIPADO DIGITAL,  
FABRICACIÓN E IMPRESIÓN 3D**

**Talleres prácticos**



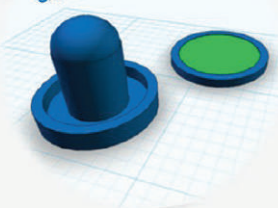
*3D Conceptual Design.  
Any time. Anywhere.*



**Dirección:**  
Norena Martín Dorta

**Coordinadores:**  
Jose Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero

*Crea tus prototipos*



**ULL** | Universidad  
de La Laguna

 Fundación General  
Universidad de La Laguna



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Dirección:** Norena Martín Dorta

**Coordinación de contenidos:** Jose Luis Saorín Pérez y Jorge de la Torre Cantero.

© Norena Martín Dorta  
© Jorge de la Torre Cantero  
© Jose Luis Saorín Pérez  
© Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos  
ISBN papel: 978-84-686-5345-7  
Impreso en España  
Editado por Bubok Publishing S.L  
Primera edición: Junio, 2014  
Editado en La Laguna, España

El presente monográfico se publica bajo una  
licencia Creative Commons del tipo:  
Reconocimiento-NoComercial-  
SinObraDerivada



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## Soy Arquitecto por un día

Jorge de la Torre Cantero  
Dámari Melián Díaz

**Área/ Materia:** Tecnología / Dibujo, Diseño y Artes Plásticas.

**Nivel:** ESO y Bachiller.



### 1. Para Comenzar

Autodesk Formit (<http://autodeskformit.com/>) es una aplicación para tabletas, tanto iOS como Android, muy intuitiva y fácil de usar. Permite bocetar ideas en 3D. Es una herramienta interesante para un arquitecto, ya que permite continuar el trabajo realizado a nivel de boceto en otros programas profesionales. Cuenta con características como el uso de unidades métricas, incluye cálculos de capa vegetal en una zona, estudios de sombras según la zona, incorporación de imágenes por satélite y de cualquier imagen que se desee, sincronización con la nube de Autodesk 360 y, finalmente, convierte automáticamente a formato Revit (rvt). Funciona en varias versiones, para tabletas y una versión online, todavía en beta.

En el siguiente vídeo promocional podrás descubrir cómo funciona:



Figura 40. Vídeo promocional de Autodesk Formit. (<http://goo.gl/7zFOjY>)

### 2. Objetivos Didácticos

Los objetivos didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- ... Desarrollar las capacidades que permitan expresar con precisión y objetividad las soluciones gráficas.
- ... Comprender y representar formas y modelos 3D.
- ... Fomentar el método y el razonamiento como medio de transmisión de las ideas científico-técnicas.
- ... Expresarse con creatividad, mediante el uso de las herramientas del lenguaje plástico y visual actual y saber relacionarlas con otros ámbitos de conocimiento.
- ... Representar cuerpos y espacios simples mediante el uso de la perspectiva, las proporciones y la representación de las cualidades de las

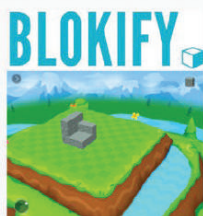


**moveFAB**

**PROGRAMA PILOTO DE FOMENTO DE  
LA CREATIVIDAD Y EL TALENTO A  
TRAVÉS DE LA FABRICACIÓN DIGITAL**

**PROTOTIPADO DIGITAL,  
FABRICACIÓN E IMPRESIÓN 3D**

**Talleres prácticos**



*3D Conceptual Design.  
Any time. Anywhere.*



*Crea tus prototipos*



*Dirección:*  
Norena Martín Dorta

*Coordinadores:*  
Jose Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero

**ULL** | Universidad  
de La Laguna

 Fundación General  
Universidad de La Laguna



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

**Dirección:** Norena Martín Dorta

**Coordinación de contenidos:** Jose Luis Saorín Pérez y Jorge de la Torre Cantero.

© Norena Martín Dorta  
© Jorge de la Torre Cantero  
© Jose Luis Saorín Pérez  
© Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos  
ISBN papel: 978-84-686-5345-7  
Impreso en España  
Editado por Bubok Publishing S.L  
Primera edición: Junio, 2014  
Editado en La Laguna, España

El presente monográfico se publica bajo una  
licencia Creative Commons del tipo:  
Reconocimiento-NoComercial-  
SinObraDerivada



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Del modelado a la Fabricación con 123D Make

Jorge de la Torre Cantero  
Dámari Melián Díaz

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo,  
Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: ESO y Bachiller.



### 1. Para Comenzar

Autodesk 123D Make es un programa que permite pasar de un objeto digital que hemos producido a través de programas en nuestro ordenador a tenerlos en nuestras manos. Este programa permite generar una serie de partes imprimibles a partir de un modelo 3D. Estas partes serán imprimibles en cartulina, cartón, madera, metal, etc. ya que te permite también indicar el grosor del material con el que se va a trabajar. Una vez se obtienen los planos, solo hay que recortar cada parte y ensamblarlos de acuerdo a cómo muestra el programa.

El programa funciona en varias versiones:

- . Existe la versión web, que simplemente requiere acceder a través del Google Chrome y que se instale un plugin.
  - . También está disponible una versión que se puede instalar en un ordenador con Windows o un Mac.
- Por último, existe también una versión para dispositivos iOS, (iphone y.ipad)....

En el siguiente vídeo promocional podrás descubrir cómo funciona:

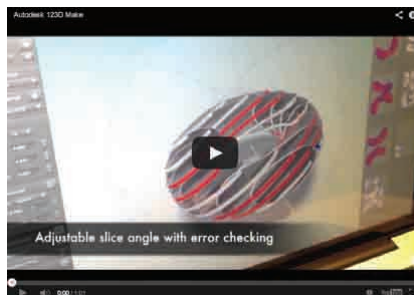


Figura 51. Vídeo promocional de 123D Make.  
(<http://www.123dapp.com/make>)

### 2. Objetivos Didácticos

Los objetivos didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- ... Identificar los mensajes plásticos en los medios de comunicación.
- ... Utilizar los elementos del lenguaje visual para la maquetación.

## PUBLICACIÓN Nº: 11

---

Libro “De la innovación imaginada a los procesos de cambio”

Capítulo 23: *Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula.*  
pp: 315-322

EDITORIAL: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna  
ISBN: 978-84-15939-62-7

2018

.....

Carolina Castillo Ruíz  
José Luis Saorín Pérez  
Dámari Melián Díaz  
Agustina Ahijado Quintillán  
María del Carmen Alfayate Casañas  
Penélope Cruzado Caballero



Anexo III 160

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

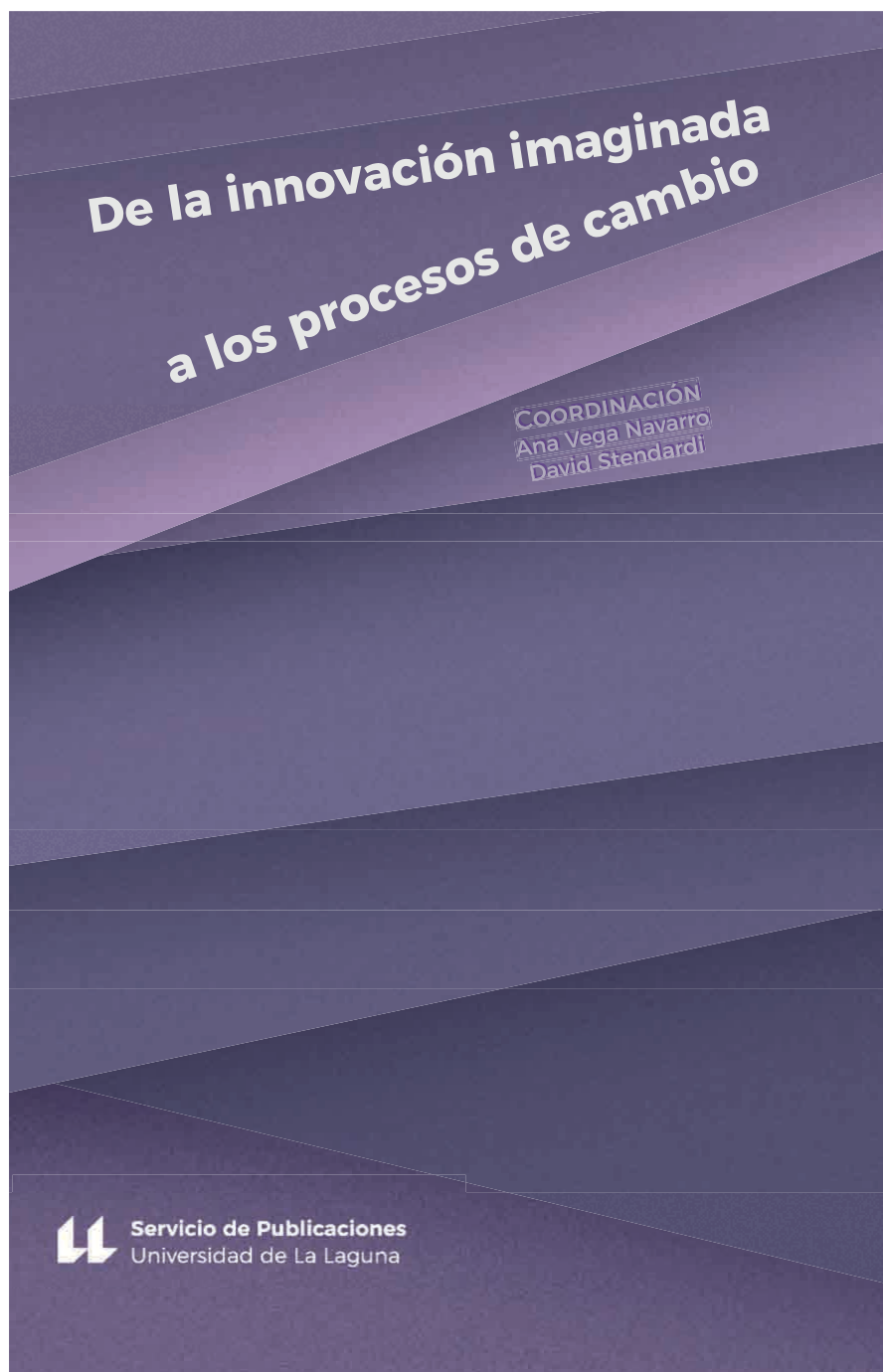
Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO III\_ Otras publicaciones



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

COLECCIÓN  
INNOVACIÓN

SERIE  
INNOVACIÓN EDUCATIVA

EDITA  
Vicerrectorado de Docencia. Universidad de La Laguna.  
Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.

LA LAGUNA 2018

DISEÑO  
Elena ALEGRET RAMOS

Editado en Tenerife, Islas Canarias (España)  
«Distribuido bajo los términos de licencia Creative Commons 'Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 3.0 Unported' que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra de manera inalterada, respetando el reconocimiento a los autores, y sin uso comercial de ésta».

Coordinación: Ana Vega Navarro  
David Stendarí

Revisores - Consejo de Redacción: Bernardo Antonio  
Candela Sanjuán  
Gloria Alicia De la Cruz Guerra  
Matilde Candelaria Díaz Hernández  
Pablo Estévez Hernández  
Carlos González Ruiz  
Sara Gonzalez Pérez  
Lauren Vanessa Pérez Pinto  
M.ª Belén San Nicolás Santos  
José Diego Santos Vega  
Juan José Sosa Alonso  
David Stendarí  
Ana Vega Navarro

ISBN 978-84-15939-62-7

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

23

**EXPERIENCIA DE OBTENCIÓN DE MODELOS  
3D DE BAJO COSTE EN EL AULA**

**EXPERIENCE LOW COST 3D  
MODELING IN THE CLASSROOM**

Carolina Castillo Ruiz  
ccruiz@ull.edu.es

José Luis Saorín Pérez  
jlsaorin@ull.edu.es

Damari Melián  
damarimd@gmail.com

Agustina Ahijado Quintillán  
aahijado@ull.edu.es

María del Carmen Alfayate Casañas  
malfayat@ull.es

Penélope Cruzado Caballero  
pccaballero@unrn.edu.ar  
pcruzado@ull.edu.es

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## RESUMEN

Con objeto de aumentar la motivación e implementar la alfabetización digital en el ámbito de las disciplinas científicas en diferentes niveles educativos, se ha diseñado y realizado una experiencia práctica con alumnos de 4º de Grado de Biología. Desde el punto del alumno, la práctica consta de dos partes, una de observación de los procedimientos de obtención de modelos tridimensionales e impresión 3D, y otra de participación activa. Los materiales utilizados para la aplicación de las técnicas de escaneado, modelización e impresión 3D fueron restos paleo-biológicos, que son un recurso transversal en las ciencias biológicas y geológicas. Para la obtención de los modelos tridimensionales se usaron dos técnicas, un escáner laser (en la primera parte) y fotogrametría (en la segunda parte). Los modelos generados directamente por el escáner se imprimieron en el aula. Tras la experiencia se realizó una encuesta de motivación y creatividad, obteniendo resultados muy positivos.

**PALABRAS CLAVE:** Fabricación 3D, muestras paleobiológicas, réplicas color, motivación, creatividad.

## ABSTRACT

In order to increase motivation and implement digital literacy in the field of scientific disciplines at different educational levels, a practical experience has been designed and carried out with students of the 4th year of Biology. The practice consists of two parts, from the point of the student, one of observation of the procedures for obtaining three-dimensional models and 3D printing, and another of active participation. The materials used for the application of scanning, modeling and 3D printing techniques were paleobiological remains, which are a transversal resource in the biological and geological sciences. To obtain three-dimensional models, we will use two techniques, laser scanner (in the first part) and photogrammetry (in the second part). The models generated directly by the table scanner were printed in the classroom. After the experience, a motivation and creativity survey was conducted, obtaining very positive results.

**KEYWORDS:** 3D manufacturing, paleobiological samples, color replicas, motivation, creativity.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo práctico es una parte fundamental de las disciplinas científicas. Son muchas las asignaturas en las enseñanzas universitarias como, los Grados de Biología, Geología, Ciencias Ambientales, etc., y no universitarias, como Cultura científica o Biología y Geología de la ESO, que introducen contenidos prácticos sobre el material paleobiológico representado por el registro fósil. Sin embargo, el acceso de los alumnos a los materiales trabajados en las prácticas suele ser restringido al tiempo de clase, y además, en el caso particular de los fósiles o ejemplares de especies amenazadas o en peligro de extinción las colecciones educativas son pequeñas o inexistentes. En el caso de los fósiles, son hechos paleobiológicos espacio- temporales únicos e irrepetibles y forman

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



parte del patrimonio paleontológico, por lo que se deben de conservar *in situ*, y regular su extracción solo con fines científicos (Castillo *et al.*, 2001; Santucci *et al.*, 2016). En el caso de los especímenes biológicos actuales, los pocos efectivos conservados hace que se deba conservar las poblaciones *in situ* y en cautividad, y regular su colección solo con fines de conservación. Actualmente gracias al uso de las tecnología de escaneado, modelización e impresión tridimensional, se está resolviendo este problema con los especímenes de prácticas, ya que esta tecnologías permiten obtener modelos y réplicas idénticas de los materiales paleobiológicos (Castillo Ruiz *et al.*, 2016; Saorín *et al.*, 2016).

Por otro lado, desde el punto de vista de la enseñanza, varios estudios han demostrado que la tecnología 3D proporcionan un entorno más motivador y atractivo para la práctica de tareas educativas que el 2D (Castillo *et al.*, 2015; Chiecher *et al.*, 2005; Dardon *et al.*, 2010; Maceiras *et al.*, 2010; Fernández, 2016; Lao, 2016). En este contexto se ha diseñado una práctica de tres horas de duración con diferentes grupos de alumnos de 4º del Grado de Biología, para conocer el grado de motivación y creatividad para el aprendizaje de las técnicas tridimensionales aplicadas al estudio de los materiales paleobiológicos de distintas asignaturas. Los objetivos de este trabajo son: a) conocer y aplicar técnicas sencillas de obtención de imágenes 3D (escaner de mesa y fotogrametría), útiles para el reconocimiento de material paleobiológico en las prácticas de laboratorio; b) realizar pruebas de impresión a color, y c) conocer el grado de motivación y creatividad de los alumnos frente a uso de las tecnologías 3D en el aula.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material paleobiológico utilizado en esta experiencia en el laboratorio de prácticas ha sido variado, constando de un molde externo de un Ammonoideo (cefalópodo fósil), un trilobites (artrópodo fósil), una concha fósil de un bivalvo, dos gasterópodos marinos actuales, una concha marina con restos de animales incrustantes actuales, una traza fósil de insecto y un cráneo actual de cabra.

La experiencia de escaneo, modelización e impresión en 3D en el aula, se ha realizado con cuatro grupos de prácticas de alumnos de 4º del Grado de Biología. Cada sesión de prácticas de tres horas de duración se desarrolló en dos partes, la primera de explicación y demostración por los profesores y observación de los procesos por los alumnos, y la segunda de participación activa de los alumnos para obtener una imagen en 3D de los materiales seleccionados para su visualización y/o impresión posterior.

Para la parte de demostración de la digitalización e impresión 3D de los materiales paleobiológicos, se empleó el escáner láser Makerbot Digitizer (Fig. 1), que permite obtener imágenes digitales de objetos de 20 cm de diámetro máximo y de una altura máxima de 20,3 cm. Su uso está pensado para personas sin experiencia, de modo que se obtengan de forma automática los ficheros STL necesarios para la impresión 3D, la cual se realizó con una impresora MakerBot Replicator 2 (Fig. 1a). Para obtener



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

los modelos 3D por fotogrametría, los alumnos utilizaron tabletas digitales y móviles para la toma de fotografías de los materiales paleobiológicos trabajados. Previamente tuvieron que instalarse en las tabletas y móviles aplicaciones gratuitas de modelización 3D (123 Catch) y de visualización 3D (Meshlab). También durante la realización de los modelos fue necesario disponer de conexión con Internet en el laboratorio.

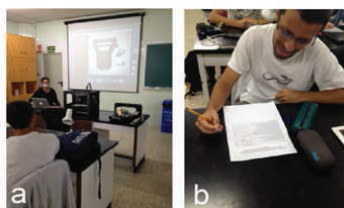


Figura 1. a) Laboratorio de prácticas preparado con el escáner de mesa y la impresora conectado al cañón de proyección, para realizar la experiencia de demostración de obtención de modelos 3D directo de material paleobiológico. b) Alumno realizando el cuestionario de motivación y creatividad.

Una vez acabada la práctica, se encuestó a los alumnos para analizar el grado de motivación y creatividad de la experiencia en el aula (Fig. 1b). Para cuantificar las medidas de motivación y creatividad se les dio a los alumnos un cuestionario con 19 preguntas, en una escala de likert de siete respuestas, donde 1 significaba «en absoluto es cierto», 4 indicaba «cierto» y 7 indicaba «totalmente cierto».

## RESULTADOS

### DEMOSTRACIÓN EN DIRECTO DE OBTENCIÓN DE UN MODELO 3D CON ESCÁNER DE MESA Y SU IMPRESIÓN 3D.

En esta parte de la experiencia de innovación educativa los alumnos observaron el proceso de escaneado y la realización de un modelo tridimensional de forma automática de: un cráneo de un ovi-caprino (Fig. 2a), un ostreido fósil, una concha marina con restos de animales incrustantes y una traza fósil de insecto. En los dos primeros casos, las réplicas obtenidas a pequeña escala en material PLA (ácido poliláctico de color marrón) reproducen los elementos morfológicos con la suficiente calidad como para reconocer e identificar el espécimen (Fig. 3a-d). Estos modelos 3D mejoran al ser visualizados en los dispositivos móviles los modelos.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

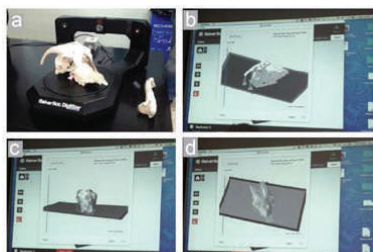


Figura 2. a) Proceso de escaneo, b-d) generación directa de un modelo 3D de un cráneo de ovicaprino en el laboratorio.

Hay que hacer notar que al generar el modelo de forma automática es necesario poner la pieza de manera que se pueda escanear toda la superficie externa, para no perder parte de la morfología que sirva para reconocer el material.

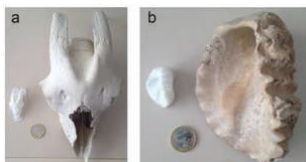


Figura 3. Materiales originales con sus réplicas al lado utilizados en la demostración para comparar los resultados con diferentes tipos de muestras, vertebrados (a, cráneo de ovicaprino) e invertebrados (b, ostreido), que se estudian en el grado de Biología.

En el caso de la concha marina con restos de animales incrustantes y de la traza fósil de insecto, los modelos tridimensionales generados automáticamente y la réplica presentan alguna dificultad para reconocer los elementos que lo forman.

### MODELOS 3D OBTENIDOS POR FOTOGAMETRÍA

Con respecto a los modelos 3D realizados por los alumnos a través de fotogrametría, en general se obtuvieron buenos resultados de casi todas las piezas trabajadas, salvo el molde de trilobites y el cráneo de ovicaprino. Con los modelos STL de las otras piezas obtenidas por dicha técnica, se realizaron réplicas en color cuyos resultados se observan en la Figura 4. Las dos especies que obtuvieron mejores resultados fueron la concha de gasterópodo de tamaño medio y con color (Fig. 4b) y el molde externo de grandes dimensiones de un ammonoideo (Fig. 4c).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

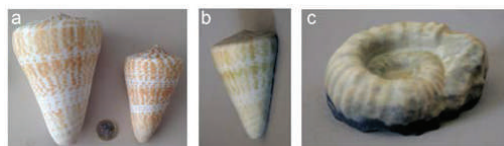


Figura 4. a) Especímenes con color utilizados en la práctica; b y c) réplicas obtenidas a partir de los modelos 3D de los alumnos, gasterópodo y ammoniteo respectivamente.

### MOTIVACIÓN Y CREATIVIDAD

Los valores obtenidos en la encuestas al alumnado (cuatro grupos) para medir la motivación y creatividad de la experiencia de digitalización e impresión 3D en el aula se observan en la Figura 5. Los valores medios obtenidos de todas las variables son satisfactorios, variando entre 4 y 6 en una escala de 0 a 7, y con un valor de Alfa de Cronbach de 0,82, lo que indica que los datos reflejan la opinión de los alumnos encuestados.

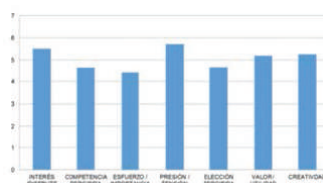


Figura 5. Valores medios de las variables de motivación y creatividad.

Con respecto a la creatividad, los valores obtenidos en el conjunto de los alumnos muestran que consideran que la práctica realizada, donde se han fabricado réplicas y se han obtenido modelos 3D de forma directa, es una manera creativa para adquirir conocimientos (Fig. 6).

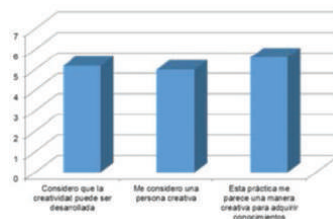


Figura 6. Diagrama que muestra los valores obtenidos de las encuestas de los alumnos de cuarto de Grado de Biología con respecto a la creatividad.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de esta experiencia práctica de aplicación de las técnicas de digitalización, modelización e impresión 3D de materiales paleobiológicos en el aula son muy interesantes para el ámbito educativo de las Ciencias, ya que ponen de manifiesto que las prácticas donde se combinan una parte de demostración y otra activa motivan al alumno en su aprendizaje. Según algunos estudios la manipulación de imágenes por ordenador y la impresión en 3D, entre otros, mejora la comprensión de los conceptos estudiados y desarrolla capacidades cognitivas de orden superior como la motivación (Fernández, 2016; Lao, 2016). Para algunos autores, la utilización de modelos 3D activa la estimulación de varios sentidos, en particular el tacto, que establece conexión con el cerebro de forma paralela a la visión o la audición y propicia una integración para la percepción multimodal de un objeto (Gaißert *et al.*, 2012). Esto disminuye los errores en el reconocimiento y discriminación entre formas, importante en las prácticas de laboratorio donde se reconoce especímenes actuales o fósiles (conchas, huesos, etc.; Gaißert *et al.* 2012). Además, se ha observado que la exploración del proceso desde la búsqueda del modelo o su elaboración hasta su impresión, con una participación activa por parte del alumnado, como la práctica realizada en este trabajo, ofrecen nuevas posibilidades para desarrollar el aprendizaje. Algunos estudios concluyen que la motivación es mayor cuando los alumnos pueden fabricar un objeto tangible y real o partir de lo estudiado (Eisenberg, 2007).

## CONCLUSIÓN

La experiencia de modelización e impresión 3D en el laboratorio de prácticas de alumnos de 4º Grado de Biología ha sido muy interesante desde el punto de vista de incrementar la motivación en el proceso educativo. Se han puesto en valor dos modelos de prácticas que se usan en el campo de la Biología (y otros campos del saber donde se debe reconocer especímenes u objetos): una de observación, donde el alumno ve la reproducción de un proceso; y la otra de experimentación de una técnica (fotogrametría) en el aula. Conjuntamente, se ha fomentado el uso de los dispositivos móviles multitáctiles en clase.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTILLO, C., MARTÍN GONZÁLEZ, M. E. y MARTÍN OVAL, M. (2001). Valoración del Patrimonio Paleontológico de Canarias: propuesta de Puntos de Especial Interés paleontológico. *Revista Española de Paleontología*, n.º extraordinario, 105-116.
- CASTILLO RUIZ, C., SAORÍN, J. L., MARTÍN-GONZÁLEZ, M. E., TORRE, J. DE LA MEIER, C., GARCÍA-GOTERA, C. M. y PADRÓN, E. (2015). La alfabetización digital en las aulas a través de la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

- creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología. En M. REOLID (ed.), *XXXI Jornadas de Paleontología. Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes* (pp. 102-103). Jaén. Universidad de Jaén.
- CASTILLO, C., SAORÍN PÉREZ, J. L., MEIER, C., MARTÍN GONZÁLEZ, M. E., GARCÍA GOTERA, C. M. y CRUZADO-CABALLERO, P. (2016). Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del registro fósil. *VI Jornadas de Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna*, 53-72.
- CHIECHER, A., DONOLO, D. y RINAUDO, M. C. (2005). Percepciones del aprendizaje en contextos presenciales y virtuales. La perspectiva de alumnos universitarios. *Revista de Educación a Distancia*, 13, 1-10.
- DARDON, U., DE SOUZA, R. S., ABRANCHES, C. T. S. y BERGQVIST, L. P. (2010). Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontológica. *Gaea-Journal of Geoscience*, 6(2), 76-89. doi: <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2010.62.04>
- GAISSERT, N., WATERKAMP, S., FLEMING, R. W., y BÜLTHOFF, I. (2012). Haptic categorical perception of shape, *PLoS one*, 7(8), e43062.
- FERNÁNDEZ BAILÓN, I. (2016). *Aplicación de la impresión 3D y las TIC al diseño de material docente para la enseñanza de la evolución*. Universidad de Granada, 1-108.
- LAO PEREGRÍN, Á. (2016). Una nueva dimensión en el aula: Banco de actividades para la enseñanza de la Geología mediante el uso de la impresión 3D. Inclusión del alumnado con deficiencia visual.
- MACEIRAS, R., CANCELA, Á. y GOYANES, V. (2010). Aplicación de nuevas tecnologías en la docencia universitaria. *Formación universitaria*, 3(1), 21-26.
- SANTUCCI, V. L., NEWMAN, P. AND TAFF, B. D. (2016). Toward a conceptual framework for assessing the human dimensions of paleontological resources. En: SULLIVAN, R. M. and Lucas, S. G.(eds.). *Fossil Record 5. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 74, 239-248.
- SAORÍN, J. L., TORRE-CANTERO, J. DE LA, MEIER, C., MELIÁN-DÍAZ, D., CASTILLO, C. y BONNET DE LEÓN, A. 2016. Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnología de bajo coste. Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias. *Education in the Knowledge Society*, 17(3), 89-108.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 12

---

Libro: *Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo*

EDITORIAL: **Bubok Publishing S.L**  
ISBN: **978-84-686-8670-7**

*Junio 2016*

.....

Dámari Melián Díaz  
José Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero  
Cecile Meier  
Alejandro Bonnet de León



Anexo III 171

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

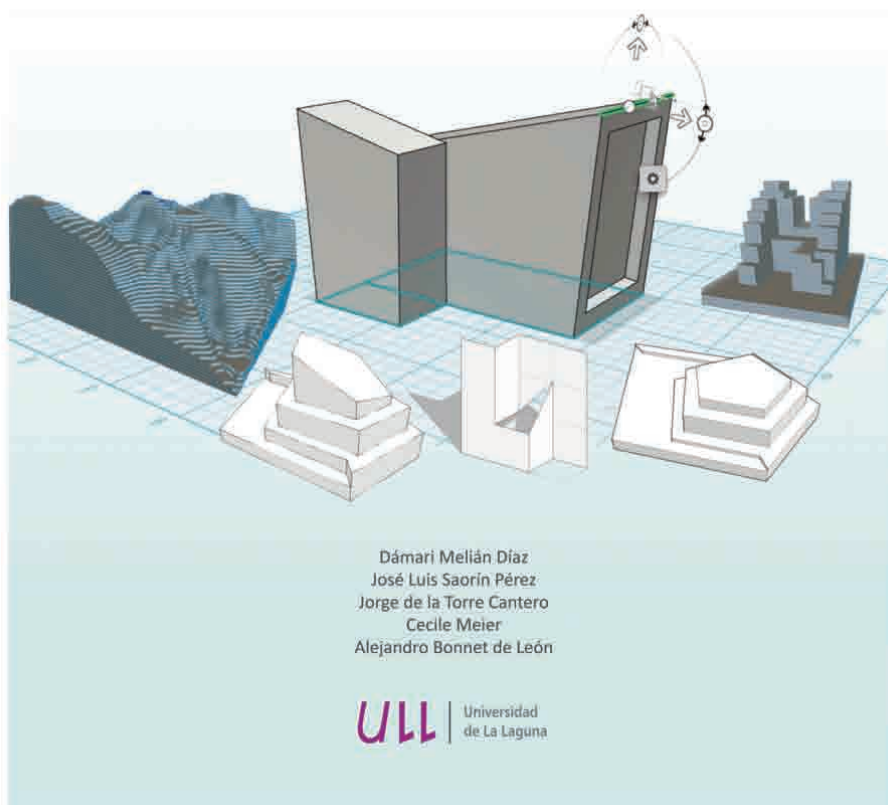
Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

# ACTIVIDADES CREATIVAS CON TECNOLOGÍAS 3D PARA LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## © ACTIVIDADES CREATIVAS CON TECNOLOGÍAS 3D PARA LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO

© Dámari Melián Díaz  
© José Luis Saorín  
© Jorge de la Torre Cantero  
© Cecile Meier  
© Alejandro Bonnet de León

© Actividades creativas con tecnologías 3D para la enseñanza del dibujo

ISBN papel: 978-84-686-8670-7  
Impreso en España  
Editado por Bubok Publishing S.L,  
Junio 2016  
Imágenes y Modelos 3D realizados por Dámari Melián Díaz



El presente monográfico se publica bajo una licencia Creative Commons del tipo: Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## INDICE

### A. EJERCICIOS PARA LA MEJORA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL Y VISTAS NORMALIZADAS

DIFICULTAD ● ● ○ ○ ○	<b>A.1. TRABAJANDO CON ANFORE 3D</b> .....	10
	Anfore 3D con plantilla de SketchUp .....	12
	Anfore 3D en formato 2D (plantilla pdf) .....	14
● ● ○ ○ ○	Anfore 3D con Autodesk Fusion 360 .....	16
● ● ○ ○ ○	<b>A2. STELLA 3D</b> .....	20
	Stella 3D mediante SketchUp .....	22
	Stella 3D mediante Autodesk Formit en tableta digital .....	26
● ● ○ ○ ○	Stella 3D con Autodesk Formit Online .....	28
● ● ○ ○ ○	<b>A3. TRABAJANDO CON KIRIGAMI 3D</b> .....	30
	Kirigami 3D mediante SketchUp .....	32
	Kirigami 3D con plantilla PDF .....	34
● ● ○ ○ ○	<b>A4. VISTAS NORMALIZADAS CON MINECRAFT</b> .....	36
	Personalizar un mundo en Minecraft .....	38
	Vistas normalizadas en Minecraft .....	44
	Impresión 3D de objetos realizados en Minecraft .....	46

### B. RECURSOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

DIFICULTAD ● ● ○ ○ ○	<b>B1. MODELADO CONCEPTUAL 3D GEORREFERENCIADO</b> .....	50
	Modelado conceptual 3D georreferenciado con SketchUp .....	52
	Modelado conceptual 3D georreferenciado con Autodesk Formit en tableta digital .....	56
● ● ○ ○ ○	Preparación de maquetas de terreno 3D para la fabricación digital .....	60
● ● ○ ○ ○	<b>B2. RECONSTRUCCIÓN 3D DE SÓLIDOS MEDIANTE FOTOGRAFÍAS</b> .....	64
	Obtención de un modelo 3D orgánico .....	66
● ● ○ ○ ○	<b>B3. MODELA PROTOTIPOS CON 123D DESIGN</b> .....	68
	Modela prototipos con 123D Design .....	70
● ● ○ ○ ○	<b>B4. ANIMACIÓN 3D CONCEPTUAL: ESCENAS Y PUNTOS DE VISTA</b> .....	74
	Animación 3D conceptual: escenas y puntos de vista .....	76

### C. CREACIÓN DE MAQUETAS Y PROTOTIPOS MEDIANTE FABRICACIÓN DIGITAL

DIFICULTAD ● ● ○ ○ ○	<b>C1. CREACIÓN DE MAQUETAS DE TERRENOS A PARTIR DE UN MODELO 3D DIGITAL</b> .....	78
	Creación de maquetas de terrenos con secciones apiladas (Corte manual) .....	80
● ● ○ ○ ○	Creación de maquetas de terreno con secciones apiladas (Plotter de corte) .....	82
● ● ○ ○ ○	<b>C2. CREACIÓN DE MAQUETAS Y PROTOTIPOS MEDIANTE IMPRESORAS 3D</b> .....	84
	Creación de objetos tridimensionales con impresora 3D .....	86
	Creación de piezas de Stella 3D para vistas normalizadas mediante impresoras 3D .....	88

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## INTRODUCCIÓN

El fomento de la competencia en creatividad es uno de los retos actuales en todas las Universidades. Se busca que las personas sean capaces de resolver problemas de manera original y creativa, así como que tengan un pensamiento crítico tanto individual como colectivo, dado que necesitan una mente creativa para poder diseñar productos o buscar soluciones que mejoren los ya existentes. Actualmente, la educación está diseñada en torno a la adquisición o desarrollo de competencias. El término "competencia" viene definido por la Comisión Europea como la capacidad demostrada para utilizar los conocimientos y habilidades, siendo el conocimiento el resultado de la asimilación de información que tiene lugar a lo largo del aprendizaje.

En este libro se presenta un listado con actividades

propuestas para el aprendizaje del dibujo mediante tecnologías 3D. Estas actividades tienen un carácter creativo porque realiza ejercicios de dibujo de una manera que permiten que el alumno explore diferentes soluciones. Por otro lado el uso de tecnologías de modelado 3D, fabricación digital, y videojuegos estimula la motivación y permite visualizar las soluciones del ejercicio en múltiples formatos (videojuegos, tangibles, digitales..)

Las actividades se han dividido en tres grupos diferentes dependiendo de lo que se trabaje en ellas: Capacidad espacial y Vistas Normalizadas, Recursos para la presentación de proyectos de Ingeniería y Creación de maquetas y prototipos mediante la fabricación digital.

Las tecnologías 3D utilizadas son:

HARDWARE	SOFTWARE	FABRICACIÓN DIGITAL
 PC	 SketchUp	 Impresora de papel
 Tableta digital	 Fusion 360	 Impresora 3D
 Lápiz y papel	 123D Make	 Plotter de corte
	 123D Design	
	 123D Catch	
	 Minecraft	
	 Formit	
	 Makerbot	
	 Silhouette	

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701







Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## A CAPACIDAD ESPACIAL / VISTAS NORMALIZADAS

### A.1 TRABAJANDO CON ANFORE 3D

 <b>ANFORE 3D CON SKETCHUP</b> <b>A.1.1</b>	 <b>ANFORE 3D EN FORMATO 2D (PDF)</b> <b>A.1.2</b>	 <b>ANFORE 3D CON FUSION 360</b> <b>A.1.3</b>
<b>Dificultad:</b> ● ● ○ ○ ○ ○	<b>Dificultad:</b> ● ● ○ ○ ○ ○	<b>Dificultad:</b> ● ● ○ ○ ○ ○
<b>Área:</b> Dibujo, diseño, artes plásticas.	<b>Área:</b> Dibujo, diseño, artes plásticas.	<b>Área:</b> Dibujo, diseño, artes plásticas.
<b>Nivel:</b> Secundaria, Bachillerato y Universitario.	<b>Nivel:</b> Secundaria, Bachillerato y Universitario.	<b>Nivel:</b> Secundaria, Bachillerato y Universitario.
<b>Materiales:</b> PC.	<b>Materiales:</b> Papel, lápiz, impresora.	<b>Materiales:</b> PC.
<b>Software:</b> SketchUp	<b>Software:</b> No.	<b>Software:</b> Autodesk Fusion 360.
<b>Material Opcional:</b> No.	<b>Material Opcional:</b> No.	<b>Material Opcional:</b> No.
<b>Temporalización:</b> 45 minutos. 	<b>Temporalización:</b> 30 minutos. 	<b>Temporalización:</b> 45 minutos. 

El taller Anfore 3D (Análisis de las Formas y su Representación) permite trabajar las vistas normalizadas de una manera amena y atractiva para los alumnos, pudiendo también adquirir al mismo tiempo conocimientos con programas de modelado 3D. Para la realización de este ejercicio, debemos entrar en la web [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com) donde se encuentra la documentación necesaria para la realización de la actividad.

Este taller propone la realización de 144 ejercicios, organizados en dos fases (iniciación y perfeccionamiento) y en cada una de estas fases existen tres niveles de dificultad (Niveles A, B y C). El taller se estructura en dos fases, partiendo de la idea de que cualquier objeto real puede representarse de forma objetiva y que cualquier representación objetiva puede hacerse corresponder con un único objeto real. El recorrido conceptual parte de datos más "reales" (piezas de aluminio, modelos de Realidad Aumentada, Modelos 3D, perspectiva isométrica), que requieren poca capacidad de abstracción en su interpretación y en la obtención de las soluciones (ya sean vistas normalizadas o modelos 3D, dependiendo de si la modalidad del taller se realiza en papel o en formato digital).

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ✓ Aprender a manejar la aplicación SketchUp.
- ✓ Comprender y representar formas y modelos tridimensionales mediante el uso de vistas normalizadas.
- ✓ Mejorar las habilidades espaciales mediante el uso de herramientas digitales.
- ✓ Utilizar, reconocer e interpretar las diversas técnicas plásticas y visuales así como las tecnologías avanzadas de bajo coste, para aplicarlas en las propias creaciones.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## A.1.1 ANFORE 3D CON PLANTILLA DE SKETCHUP



Realiza el modelo 3D de la figura que elijas mediante su plantilla en SketchUp.

### PASOS A SEGUIR:

- 1 Para la realización del ejercicio e pueden utilizar tres niveles, para este ejemplo se ha elegido el nivel "Iniciación", para ello entramos en la web [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com), vamos a "ejercicios del taller 3d" y finalmente escogemos por ejemplo para esta actividad la "práctica 1.2: NIVEL A". Una vez dentro, podemos escoger en realizar el taller de manera digital o en formato papel, para este ejemplo, escogeremos el formato digital. Pinchamos sobre la figura que vayamos a trabajar y se nos abre directamente un enlace para descargarlo en SketchUp (en este caso, la figura 4).



[www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)



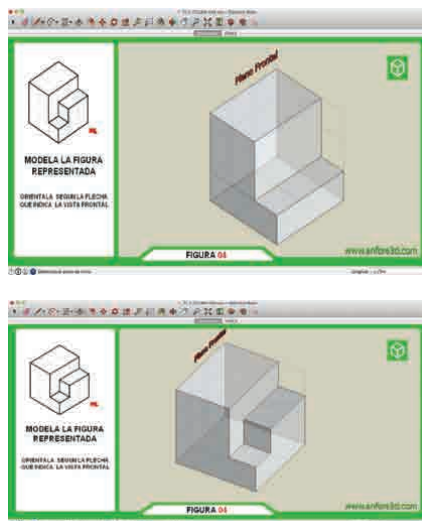
- 2 Una vez descargado el archivo, lo abrimos y nos aparece una pantalla como la siguiente, en la que nos muestra a la izquierda la imagen en perspectiva de la figura a realizar.



- 3 Para realizar la figura existen muchas maneras, pero quizá la más sencilla es ir construyendo por bloques desde la base hacia arriba. Para ello se utilizará la herramienta de "lápiz" o la de "rectángulo" y una vez dibujado el contorno, utilizar la herramienta "empujar/tirar" para levantarlo a la altura adecuada.



ANEXO III\_ Otras publicaciones



El archivo en SketchUp tiene dos escenas, la primera que es en la que trabajamos y la segunda, que muestra una visión en perspectiva cónica de la figura terminada.

Puedes fabricar cualquiera de los modelos que realices en esta actividad mediante la impresión 3d o la realización de su maqueta con 123D Make, para ello, debes generar exportar el archivo 3d virtual en formato .STL.



NOTA

**.STL** (**S**tereo**L**ithography) es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D. Es un formato estándar para las tecnologías de fabricación aditiva.

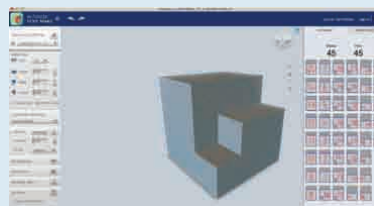
Un archivo .STL se puede introducir en otras aplicaciones para seguir modificándolas, como por ejemplo con Meshmixer, 123D Make o impresoras 3d.

Mira en el Anexo 1 cómo instalar el Plugin de SketchUp que te permite generar un archivo .STL de lo que hayas realizado con el programa.



NOTA

Si quieres saber más sobre cómo imprimir en 3D el modelo realizado en esta actividad o realizar su maqueta con el 123D Make, mira cómo se hace en el apartado C de este libro.



Nuestra pieza en el programa 123D Make.



Nuestra pieza en el programa de la impresora 3d.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 13

---

Libro “Imaginar y comprender la innovación educativa en la Universidad”

Capítulo 25: *Creación e inserción de modelos 3d en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en ingeniería.*  
pp: 304-312

VII Jornadas de Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna

EDITORIAL: **Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna**  
ISBN: 987-84-15939-57-3

2017

.....

José Luis Saorín Pérez

Jorge de la Torre Cantero

Norena Martín Dorta

Carlos Carbonell Carrera

Dámari Melián Díaz

Cecile Meier



Anexo III 179

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO III\_ Otras publicaciones



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38





Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

25

**CREACIÓN E INSERCIÓN DE MODELOS 3D  
EN MINECRAFT PARA LA MEJORA DE LA COMPETENCIA  
ESPACIAL Y CREATIVA EN INGENIERÍA**

**CREATING AND INCLUDING 3D MODELS  
IN MINECRAFT FOR PROMOTING SPATIAL  
AND CREATIVE COMPETENCE IN ENGINEERING**

Jose Luis Saorín

Jlsaorin@ull.edu.es

Jorge de la Torre Cantero

Jcantero@ull.edu.es

Norena Martín Dorta

Nmartin@ull.edu.com

Carlos Carbonell Carrera

Ccarbone@ull.es

Dámari Melián Díaz

Alu0100796810@ull.edu.es

Cecile Meier

Alu0100305944@ull.edu.es

Universidad de La Laguna

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



## RESUMEN

Minecraft es un videojuego de construcción que permite la creación de objetos tridimensionales. Debido a ello es una aplicación que puede ser utilizada para entender algunos contenidos y desarrollar competencias de la asignatura de Expresión Gráfica en Ingeniería. Es conocido que la competencia espacial se puede desarrollar a través de ejercicios de vistas normalizadas y el juego es una de las maneras de desarrollar la competencia creativa.

La creatividad es una competencia que pocas veces se asocia a estudios de Grado en Ingeniería. En la Universidad de La Laguna a través de la asignatura de Expresión Gráfica en Ingeniería, se ha querido desarrollar estas dos competencias a través del uso de Minecraft, realizando ejercicios tradicionales de vistas normalizadas. Por otro lado, también se ha incluido elementos propios de la fabricación digital, tales como impresoras 3D o scanner 3D entre otras, para enlazar el mundo de los videojuegos con la realidad tangible.

En este artículo se detalla la experiencia realizada en el curso 2015-2016 con un grupo de alumnos de primero del Grado de Ingeniería Electrónica. En esta experiencia los alumnos deben realizar un objeto 3D en Minecraft. Los alumnos entran en un entorno personalizado, donde cada grupo tiene un espacio de trabajo con el enunciado del ejercicio de vistas. Posteriormente tienen que imprimir en 3D el ejercicio realizado.

**PALABRAS CLAVE:** Habilidad Espacial; Vistas normalizadas; Creatividad; Videojuegos.

## ABSTRACT

Minecraft is a construction video game that allows the creation of three-dimensional objects. Due to this, it is an application that closely matches the contents and competences of the subject of Graphic Expression in Engineering. Spatial ability can be developed through standardized view exercises and playing is one of the ways to develop creative competence.

Creativity competence is seldom associated with studies of Engineering. At the University of La Laguna through the subject of Engineering Graphocs, we pretend to develop these two skills through the use of Minecraft, performing traditional exercises of standardized views. On the other hand, it has also included elements of digital manufacture, such as 3D printers or 3D scanner among others, to link the world of video games with tangible reality.

This article details the experience of the 2015-2016 academic year with a group of first-year students of the Electronic Engineering Degree. In this experience students must create a 3D object in Minecraft. Students enter a custom environment, where each group has a workspace with the view exercise statement. Then they have to print the exercise in 3D.

**KEYWORDS:** Spatial Abilities; Standardized views; Creativity; Video game.

304

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los videojuegos se pueden clasificar en muchas categorías, (rol, acción, aventuras..) dentro de ellas existen videojuegos que permiten la creación e interacción con objetos y escenarios 3D. Dichos juegos son muy cercanos



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



a los contenidos de una asignatura como expresión gráfica en ingeniería. Entre estos juegos, podemos destacar, Blokify, Scrap Mechanics o Minecraft.

Algunas de estas aplicaciones han sido utilizadas en educación. Por ejemplo, Blokify ha sido utilizado para el aprendizaje de las vistas normalizadas y la perspectiva (J. L. Saorín, J. de la Torre Cantero, C. Meier, D. Melián, D. Rivero, 2015). Minecraft ha sido evaluado como recurso didáctico en distintos campos, como por ejemplo los relativos a edificios históricos, el fomento de la creatividad o el interés por el descubrimiento (Sáez López & Domínguez Garrido, 2014) entre otros. También aporta la ventaja de que es un videojuego de bajo coste (19,95 euros), y que permite crear objetos tridimensionales con bloques, en un entorno de juego donde los participantes disponen de una gran libertad de elección y exploración. (Gétrudix Barrio & Gétrudix Barrio, 2013).

En septiembre de 2012, Mojang comenzó el proyecto solidario «Block by Block» ([www.blockbyblock.org](http://www.blockbyblock.org)) en cooperación con la ONU para crear y diseñar entornos del mundo real en Minecraft. El proyecto permite a los jóvenes que viven en zonas deprimidas, diseñar con Minecraft los cambios que les gustaría ver y a participar en su planificación urbana, modificando su propio vecindario. Es interesante señalar, que este videojuego tiene posibilidad de imprimir sus diseños y construcciones en una impresora 3D.

Minecraft reúne muchas características que lo hacen ideal para utilizarlo en educación y específicamente para el diseño tridimensional ya que permite la construcción de objetos 3D mediante bloques. Además al ser un juego tipo sandbox (no existen reglas, cada jugador hace lo que quiere) se puede construir cualquier cosa y por lo tanto dejar en libertad la creatividad de los usuarios. Además, Minecraft se juega en un escenario (Mundo) tridimensional en el cual los jugadores tienen que moverse por el entorno de tal manera que fomenta las habilidades de orientación y visualización espacial. Dichos mundos pueden ser personalizados.

Por otro lado, el plan de estudios de la Educación Superior está diseñado en base a la adquisición de habilidades. El término «competencia» viene definido por la Comisión Europea como la capacidad demostrada para utilizar los conocimientos y habilidades, siendo el conocimiento el resultado de la asimilación de información que tiene lugar a lo largo del aprendizaje.

La definición y clasificación de las competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior se basa en el proyecto Tuning (Proyecto Tuning, Competencias, 2014). Este proyecto incluye, como una competencia genérica, la capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) y en las universidades españolas se mencionan en los libros blancos de Ingenierías (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, 2014). La importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería es un aspecto cada vez más importante en muchos países, aunque todavía no es un enfoque generalizado (Liu, ZE, et al., 2004). Además, una competencia específica de la asignatura de Expresión Gráfica en Ingeniería es el desarrollo de la competencia espacial.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



306

En la Universidad de La Laguna, existe desde el año 2004 un grupo de investigación denominado DEHAES, el cual ha estado trabajando en estrategias y herramientas para mejorar las habilidades espaciales. Fruto de ese trabajo, surgió la plataforma Anfore 3D ([www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)), en la que se presentan una serie de actividades relacionadas con la mejora de la competencia espacial donde se utilizan ejercicios de vistas normalizadas en 3D. En esta plataforma se ofrece la posibilidad de realizar los ejercicios de manera tradicional, a través de láminas en formato pdf, o realizarlos utilizando la aplicación SketchUp. Sin embargo, los aspectos creativos no habían sido incluidos dentro de este trabajo de investigación hasta el año 2013 cuando se añadieron nuevos módulos con actividades donde, además de trabajar los aspectos propios de la asignatura, se incluye el enfoque artístico y creativo, como ocurre con la actividad Stella 3D. (Jorge de la Torre Cantero, Jose Luis Saorin, Dámari Melian, Cecile Meier, 2015).

Durante varios cursos, para contribuir al desarrollo de la competencia creativa, en la asignatura de Expresión Gráfica de algunos de los Grados en Ingeniería de la Universidad de La Laguna se han desarrollado actividades que, además de aportar los contenidos propios de la asignatura incluyan esa nueva competencia. En este contexto, se entiende como creatividad, la capacidad para generar diferentes soluciones a un mismo problema dado, según la definición reflejada en el Proyecto Tuning (Proyecto Tuning, Competencias, 2014).

En el curso 2014/ 2015 se realizaron, con el Test de Abreación de la la Creatividad (TAEC) de Saturnino de la Torre (1991), mediciones de la creatividad de los alumnos al entrar en la Universidad. En el caso concreto del grado de ingeniería electrónica y automática el valor obtenido fue de 109,54 (Melian D., Saorin J.L., De la Torre-Cantero J., Meier C., 2015). Dicho valor, podía compararse con el obtenido ese curso, utilizando el mismo test, en el grado de Bellas Artes que era de 150,1. Por lo tanto, los alumnos de los grados de ingeniería tienen mucho margen de mejora en la competencia creativa y se pretende realizar actividades que la desarrollen desde la asignatura de Exprsión Gráfica en Ingeniería.

Una de las maneras de fomentar la creatividad es mediante el juego (Morón Macías, 2010), por lo que en esta experiencia, se pretende convertir los ejercicios de vistas normalizadas de Anfore 3D en un formato de videojuego (Minecraft) que utilice recursos de fabricación digital. En este artículo se describe la actividad y la experiencia llevada a cabo con alumnos del Grado de Ingeniería Electrónica.

## METODOLOGÍA

La experiencia piloto se ha desarrollado en dos fases. Primero, se ha realizado el diseño de un ejercicio de mejora de habilidades espaciales utilizando Minecraft. En una segunda fase y utilizando dicho ejercicio, se



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



realiza una experiencia con alumnos del grado de ingeniería electrónica, para determinar el incremento de creatividad que dicha actividad en Minecraft proporciona, así como la percepción del alumnado de utilizar este videojuego frente a otras alternativas de ejercicios de vistas normalizadas.

#### CREACIÓN DE UN EJERCICIO DE VISTAS NORMALIZADAS EN FORMATO MINECRAFT

El ejercicio de vistas se diseña en el formato de un mundo de Minecraft. Se pretende no sólo crear el ejercicio, sino también introducir modelos reales en el videojuego. De esta manera se conecta la realidad con el mundo virtual. Dicho mundo está diseñado como un espacio de trabajo, en el cual los alumnos van a realizar el ejercicio planteado. Para ello, se parte de un entorno plano, donde cada grupo de alumnos tendrá una parcela de trabajo. Estas parcelas se dividen en tres zonas, en la primera nos encontramos con el busto de un alumno de cada grupo. (Esto se ha podido hacer, porque en sesiones anteriores, los alumnos utilizaron un scanner 3D para obtener un modelo tridimensional de un integrante de cada grupo), en la segunda zona aparece una de las figuras modelada previamente por los alumnos utilizando SketchUp, durante otra de las sesiones de trabajo y por último, la tercera zona corresponde al espacio donde los alumnos deberán modelar ya en Minecraft el objeto al que correspondan las vistas de planta, alzado y perfil dadas. Para ello, cada grupo cuenta con un enunciado diferente donde se muestran las vistas delante de cada parcela.



Figura 1. Imagen en planta de la parcela que corresponde a cada grupo.

Para poder personalizar la actividad planteada e introducir tanto los bustos de los alumnos, como los modelos tridimensionales dentro de un mundo de Minecraft es necesario tener en cuenta que los archivos deben tener una extensión .OBJ. En este caso, los modelos que



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38





proporciona el scanner son .OBJ, mientras que el modelado realizado por los alumnos en SketchUp se consigue en el formato .STL gracias a un plugging instalado al programa. Para la conversión de .STL a .OBJ se puede realizar, por ejemplo, con un conversor online a través de MeshConvert.com.

Una vez se tienen los dos archivos como .OBJ se procede a importarlos en Minecraft, para ello hacen falta dos programas, Obj2mc y MCEdit. Con Obj2mc se pueden convertir diferentes archivos, entre ellos el .OBJ a .schematic que es el que requiere MCEdit. Este último programa, es un editor de mapas para el juego de Minecraft. Gracias a esta herramienta se podrá modificar los entornos de juego fácilmente, así como añadir los modelos personalizados.

Primero se abre el archivo en Obj2mc y señalamos que queremos convertirlo a .schematic, una vez hecho esto, el siguiente paso es seleccionar el material del que será nuestro objeto dentro del juego, debemos saber que en Minecraft se puede construir con diferentes materiales, por esto debemos seleccionar uno de ellos para todos los objetos que metamos en el juego. Una vez hayamos generado nuestro modelo con la extensión .schematic estamos listos para insertarlo en Minecraft gracias a MCEdit. Para ello abrimos MCEdit y se selecciona el mapa donde se quiere insertar nuestro modelo. Una vez cargado nuestro mapa, vamos al lugar donde queremos insertar el objeto y terminamos de personalizar el mapa.

308

#### **PARTICIPANTES**

Este taller se ha realizado con 34 alumnos del Grado de Ingeniería Electrónica durante el primer cuatrimestre del curso 2015/2016 de la Universidad de La Laguna. Para su realización los alumnos se han dividido en 13 grupos y el tiempo que se ha necesitado para llevarlo a cabo ha sido de una sesión de dos horas. De los 34 alumnos 20 juegan habitualmente a videojuegos y 9 juegan habitualmente a Minecraft.

#### **DESCRIPCIÓN DEL TALLER**

Una vez preparado el mundo con el que los alumnos van a realizar la actividad, se sube al Aula Virtual de la asignatura. Cuando los alumnos se han repartido en grupos, se lo descargan en los ordenadores portátiles, donde previamente han instalado Minecraft. Durante la clase se enseña a los alumnos los pasos a seguir para instalar ese mundo en el programa y así poder comenzar con la actividad.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

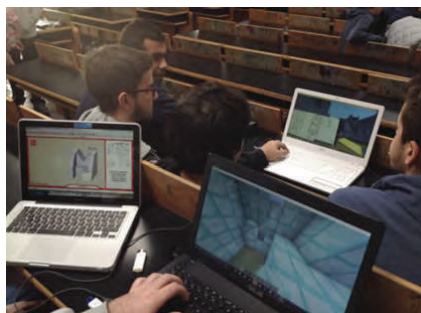


Figura 2. Alumnos realizando la actividad.

Cada grupo busca su parcela, les es fácil reconocerla, porque además de aparecer el modelo 3D de uno de los integrantes del grupo dentro del juego, también están las parcelas señaladas con números. Cuando cada grupo se sitúa en su parcela y visualizan el enunciado del ejercicio donde aparecen la planta, el alzado y el perfil de la figura a modelar, comienzan a modelar el volumen de la figura.

Una vez finalizados los ejercicios, se le indica a los alumnos que se instalen la aplicación Mineways que permite exportar el modelo en formato STL para ser impreso en 3D. A los alumnos se les entrega un tutorial explicando los pasos a seguir para la correcta exportaciones de sus modelos. Posteriormente dichos modelos se imprimieron para comprobar su correcta ejecución.

309

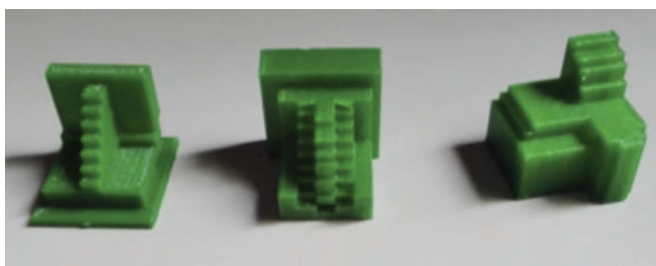


Figura 3. Piezas realizada por los alumnos en la actividad de Minecraft y posteriormente impresa.

Cuando los alumnos terminan la experiencia, se le pasa una encuesta tipo Likert donde se les pregunta acerca de la importancia de la creatividad en un Ingeniero y sobre su preferencia a la hora de aprender vistas normalizadas.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38





## HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN

La herramienta de medición utilizada es un cuestionario tipo Likert con escala del 1 al 5, donde el 1 es totalmente en desacuerdo y el 5 es totalmente de acuerdo. La encuesta esta compuesta por 10 preguntas , Q1-Q3 sobre creatividad y Q4-Q10 sobre el uso de Minecraft para el aprendizaje de vistas normalizadas.

TABLA 1: CUESTIONARIO PASADO A LOS ALUMNOS.

Q1	Considero que la creatividad puede ser desarrollada.
Q2	Como futuro ingeniero, considero que es importante para mi profesión desarrollar mi capacidad creativa.
Q3	Considero que la propuesta de este taller con Minecraft me permite desarrollar mi creatividad
Q4	Minecraft es una buena herramienta para realizar ejercicios de vistas normalizadas.
Q5	Usar juegos para el aprendizaje de las vistas normalizadas me parece interesante.
Q6	El uso de juegos permite que entienda mejor los conceptos tridimensionales del dibujo técnico.
Q7	El uso de Minecraft para introducir el modelado 3D en las aulas me parece muy interesante.
Q8	Prefiero aprender los conceptos de las vistas normalizadas realizando ejercicios con Minecraft que de manera tradicional.
Q9	Prefiero aprender los conceptos de las vistas normalizadas con Minecraft que con SketchUp.
Q10	Me parece interesante y motivador poder aprender a través de un videojuego.



## RESULTADOS

Los resultados de la valoración sobre la actividad de vistas normalizadas con Minecraft son los siguientes:



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



TABLA 2: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA.

	PREGUNTA	PROMEDIO (1-5)
Q1	Considero que la creatividad puede ser desarrollada.	4,4
Q2	Como futuro ingeniero, considero que es importante para mi profesión desarrollar mi capacidad creativa.	4,5
Q3	Considero que la propuesta de este taller con Minecraft me permite desarrollar mi creatividad	4,1
Q4	Minecraft es una buena herramienta para realizar ejercicios de vistas normalizadas.	3,8
Q5	Usar juegos para el aprendizaje de las vistas normalizadas me parece interesante.	4,3
Q6	El uso de juegos permite que entienda mejor los conceptos tridimensionales del dibujo técnico.	3,9
Q7	El uso de Minecraft para introducir el modelado 3D en las aulas me parece muy interesante.	3,9
Q8	Prefiero aprender los conceptos de las vistas normalizadas realizando ejercicios con Minecraft que de manera tradicional.	3,8
Q9	Prefiero aprender los conceptos de las vistas normalizadas con Minecraft que con SketchUp.	3,2
Q10	Me parece interesante y motivador poder aprender a través de un videojuego.	4,4

### CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

De los resultados de la encuesta de satisfacción, se puede concluir que los alumnos piensan que Minecraft es una buena herramienta para realizar ejercicios de vistas normalizadas y para modelar en 3D (3,8 y 3,9 sobre 5). Por otro lado les resulta interesante el aprendizaje de vistas normalizadas a través de los juegos (4,3 sobre 5). Y perciben que, a través del juego entienden mejor los conceptos tridimensionales del dibujo técnico (3,9 sobre 5). Los alumnos manifiestan su preferencia por el formato de ejercicios en Minecraft frente a los formatos tradicionales e incluso frente a los ejercicios de vistas en SketchUp (3,8 y 3,2 sobre 5).

Respecto a la posibilidad de imprimir en 3D los modelos creados en Minecraft, todos los alumnos pudieron generar el fichero STL de la pieza diseñada y por lo tanto se pudieron imprimir en 3D todas ellas. Con esta actividad, junto con la inclusión de modelos en el mundo de Minecraft, se ha conseguido que los alumnos relacionen el mundo real tridimensional con el mundo virtual.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Visto que en la encuesta de satisfacción los alumnos consideran que el trabajo realizado en este taller con Minecraft permite desarrollar la creatividad (4,1 sobre 5), se propone como futuro trabajo medir la mejora de la creatividad que este tipo de actividades genera en el alumnado. Para poder comparar con los datos ya existentes, se propone utilizar el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECA. (2014). *Libro Blanco de Titulaciones de Grado de Ingeniería de la Rama Industrial*. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.
- ANFORE 3D. (2015). *Anfore3D, Análisis de las formas y su representación*. Recuperado de [www.anfore3d.com](http://www.anfore3d.com)
- DE LA TORRE CANTERO, J., SAORIN, J. L., MELIÁN DÍAZ, D., y MEIER, C. (2015). *STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education*. The International Journal of Engineering Education. Volume 31(3). pp. 805–813.
- GERTRUDIX BARRIO, F, y GERTRUDIX BARRIO, M. (2013). *Aprender jugando*. Mundos inmersivos abiertos como espacios de aprendizaje de los y las jóvenes. Revista de estudios juventud.
- LIU, Z. E., y SCHÖNWETTER, D. J. (2004). *Teaching Creativity in Engineering*. International Journal of Engineering Education, 20 (5), pp. 801-808.
- MELIÁN D., SAORIN J. L., DE LA TORRE-CANTERO J. y MEIER C. (Octubre de 2015) *Competencia Creativa en estudios de grado en Ingeniería*. En Marisa Sein-Echaluce (Presidencia), III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015). Madrid, España.
- MOJÁN, (2012). *Blockbyblock*. Recuperado de [www.blockbyblock.org](http://www.blockbyblock.org).
- MORÓN MACÍAS, M. C. (2010). *Un principio de intervención educativa: el juego y los juguetes en educación infantil*. Temas para la Educación. Revista Digital para profesionales de la enseñanza, 1-9 (10).
- SAEZ LOPEZ, J. M. y DOMÍNGUEZ GARRIDO, M. C. (2014). *Integración Pedagógica De La Aplicación Minecraft Edu*. En Educación Primaria: Un Estudio De Caso (Pedagogical Integration of the Application Minecraft Edu in Elementary School: A Case Study). Pixel-Bit, Revista de medios y educación. Vol. 45. pp. 95-110.
- SAORÍN, J. L., DE LA TORRE CANTERO, J., MEIER, C., MELIÁN DÍAZ, D., y RIVERO, D. (2015). *BLOKIFY: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva*. Digital Education Review. Numero 27 (Educational Gamification). pp. 105 - 121.
- TORRE DE LA TORRE, S. (1991). *Evaluación de la creatividad*. TAEC, un instrumento de apoyo a la reforma. Madrid: Editorial Escuela Española, S.A.
- Tuning Project Competences. From Tuning. Educational Structures in Europe.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 14

---

*Art and Creativity in Engineering Graphics Education using digital Tablets with  
Autodesk Formit.*

**World Congress on Education (WCE)**  
pp: 17-21

ISBN: 978-1-908320-59-9

*Octubre 2015  
Dublín (Irlanda)*

.....

José Luis Saorín Pérez  
Dámari Melián Díaz  
Jorge de la Torre Cantero  
Cellie Meier  
Alejandro Bonnet de León



Anexo III 192

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

# World Congress on Education

October 19-21, 2015

Dublin, Ireland

[www.worldconedu.org](http://www.worldconedu.org)



## WCE-2015

Sponsor



In Co-operation with



Edited By

Charles A. Shoniregun  
Galyna Akmayeva

Copyright © WCE-2015 Published by Infonomics Society

ISBN 978-1-908320-59-9

## WCE-2015 Proceedings

Contents Page    Executive Committees    Keynote Speakers    Posters  
Welcome Speech    PhD Consortium    Sessions

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## World Congress on Education (WCE-2015)

October 19-21, 2015

Clayton Hotel Ballsbridge  
Merrion Road  
Ballsbridge  
Dublin 4  
Ireland

Tel: +353 (0)1 668 1111

Fax: +353 (0)1 668 1999

Email: [info.ballsbridge@claytonhotels.com](mailto:info.ballsbridge@claytonhotels.com)

Website: [www.claytonhotelballsbridge.com](http://www.claytonhotelballsbridge.com)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## Art and Creativity in Engineering Graphics Education using Digital Tablets with Autodesk Formit

J.L. Saorin, D. Melian, J. De la Torre-Cantero, C. Meier, A. Bonnet de León  
Universidad de La Laguna, Spain

### Abstract

*The definition and classification of competences in the European Space for Higher Education is based on the Tuning project. This project includes, as a generic competence, the ability to generate new ideas (creativity) and in Spanish universities is listed in the White Papers of Engineering Degrees. The importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach. During 2013 2014 course, at the University of La Laguna, a creative workshop called Stella 3D has been tested with engineers. This workshop is based in the paintings of Frank Stella and uses the SketchUp software for it resolution. In this article it is detailed a new experiment conducted during 2014 2015 using the same workshop (Stella 3D), but adding the possibility that students solve the exercises on a digital tablet using Autodesk Formit.*

### 1. Introduction

Encourage and provide opportunities to develop creativity in engineering students are one of the challenges that are expected today from institutions like the University [1]. Companies are seeking engineers that solve problems in an original way since they need a creative mind to design products or seek solutions to improve existing ones. The university should try to promote a model of creative teaching which aimed at solving problems and, through which, students are helped to learn more about their own creative skills, achieving greater success and personal satisfaction [2].

There are several studies in the US and Europe [3] [4], showing that, currently, companies seek creative and innovative people, due, among other things, to such companies face every day with new challenges and therefore, need staff able to solve them effectively. Companies seek professional competences such as initiative, high emotional intelligence and especially creativity. These skills enable the new professionals to meet the expectations that actual businesses require. For this

reason, it is important to incorporate artistic and creative competition in studies where a priori, should not have a special importance, trying to improve aspects like finding different solutions to the same problem.

During 2013 2014 course, at the University of La Laguna, a creative workshop called Stella 3D has been tested with engineers. This workshop is based in the paintings of Frank Stella and uses the SketchUp software for it resolution. In this paper it is detailed a new experiment conducted during 2014 2015 using the same workshop (Stella 3D), but adding the possibility that students solve the exercises on a digital tablet using Autodesk Formit. We aim to know the opinion of students on their creativity and to assess the possibility of using digital tablets for 3D modeling.

### 2. Background

The current higher education curriculum is designed based on the acquisition of skills. The European Commission defines the term "competence" as the proved capacity to use knowledge and skills. Knowledge is the result of the assimilation of information, which takes place all along the process of learning. Skill is the ability to apply knowledge and to use techniques in order to complete different tasks and to solve problems. According to the Swiss sociologist Ph. Perrenoud [5], competences allow to face a complex situation, to build a suitable answer. As a result, the student will be able to produce an answer, which has not been previously learnt.

One competence contemplated in engineering studies is spatial vision ability. This competence is also considered by several authors as fundamental for performing engineering duties [6]. There is much research aimed at improving and measuring spatial abilities [7]. Solving problems creatively is other generic skill that appears in engineering degrees. The definition and classification of competences in the European Space for Higher Education is based on the Tuning project [8]. This project includes, as a generic competence, the ability to generate new ideas (creativity) and in Spanish universities is listed in the White Papers of Engineering Degrees [9]. The

importance of creativity in engineering education is an increasingly important aspect in many countries although not yet a widespread approach [2]. Furthermore, institutions such as The National Academy of Engineering in the U.S.A. in its strategic report The Engineer of 2020 [10] [11], says that Humanities and Social Sciences, Communication and Presentation skills are more, or at least as, important as the technical knowledge for a professional engineer. Precisely, in this particular report, it is said, "It is appropriate that engineers are educated to understand and appreciate history, philosophy, culture, and the arts, along with the creative elements of all these disciplines".

Due to this, schools should not continue teaching isolated disciplines, but move forward towards a Human-Centered Education. Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) should include Art and Design to favor creativity alongside with reasoning and therefore, tend to a new acronym to make STEAM ("A" is for Arts and Design). This new concept emphasizes the long term thought for professionals of engineering because it takes into account the fact that the world has moved onto a phase of continuous change where they have to be constantly adapting to new working realities [12].

At the University of La Laguna, the research group Dehaes has worked, using SketchUp and various advanced graphics technologies, in the development of spatial skills for engineering students [13]. For the development of creativity, Dehaes group has created a workshop called STELLA 3D (<http://goo.gl/X8WIR7>), based in the paintings of Frank Stella. This workshop uses the SketchUp software for its resolution and has been tested with students in the course 2013 2014. The results show that, not only the spatial abilities of students are improved, but it is also a good tool to enhance creativity [14].

Mobile learning (m-learning) is defined as conducting education and training through mobile devices and it can be seen as a natural evolution of e-learning. The difference between them is the use of mobile technology that provides flexibility to learning, as students can learn anytime and anywhere. The Horizon Report [15], indicates that digital tablets and mobile devices are technologies that will have impact on education in the next five years. In the case of Spain, these devices are used by 30% of 10 years old children. At age 12, almost 70% already have this technology, and at 14 years 83% [16].

The m-learning is a relatively new concept in the educational field of learning. The first published work that draws attention to mobile learning emerges in 2000, in the journal Computers & Education, where Mike Sharples [17] examined the potential of the new designs supported by mobile technologies that would improve the lifelong learning programs and continuing education opportunities for adults.

Researchers have explored the impact of these devices in a number of situations to date, particularly in small-scale tests [18]. However, there is considerable overlap in the results of these studies, which, while highlighting the considerable benefits of its use, also highlight a number of technical, pedagogical and management issues that schools need to address. The study results in Longfield Academy, using similar research methodologies serve to further confirm the potential of these devices as tools for ubiquitous learning [19].

In the area of graphic engineering and technical tasks, performed in field by professionals (engineers, architects and designers), mobility and ubiquitous learning has significant potential. In Saorín et al. [20] is collected a set of apps for teaching drawing, design and arts, that run on digital tablets and mobile devices. These apps are classified in those for viewing 3D contents, those for vector and raster drawing and those for computer aided design (CAD) in 2D and 3D.

In recent past, 3D modeling was reserved for experts in the field and required a long and expensive learning technologies as well as advanced technical equipment. The price of the programs was very high and only accessible to large centers, businesses or universities [21]. However, in year 2006 a free software, Google Sketchup, became popular. Sketchup is a program of open access platform (PC and Mac) that provides the opportunity to introduce us to the 3D modeling with few skills and little time. It has a very simple interface, few drawing commands which allow quick learning. Because of these features, this program has been used in educational centers to introduce 3D modeling and to improve spatial skills [22].

Other companies that develop software for three-dimensional modeling are beginning to create programs with this new understanding of 3D modeling. For example, Autodesk has developed programs and applications free and easy to learn and use. Clustered within a suite called 123Dapp. (123D Design, 123D Sculpt+...), all these applications have the ability to print the designs on a 3D printer and have a version for digital tablets and therefore, are ideal to introduce them in any classroom, without the need of a computer PC classroom.

Moreover, in November 2012 Autodesk launches another 3D modeling application called Autodesk Formit, a tool that enables 3D sketches on a digital tablet. This application can be considered the "SketchUp for Digital Tablets", given their similar characteristics in terms of simplicity and price (Figure 1). Autodesk Formit allows 3D modeling with very little instruction (extruding flat faces, boolean solid operations, and the main geometric transforms (turns, displacement, scaling ...), for creating volumes quickly and efficiently). In a preliminary study where a comparison between

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



SketchUp and Formit was made it was found that both applications were highly valued by users, in order to create 3D models [23]. Throughout the development of different versions of Formit, this application has been improving its integration with BIM (Building Information Modeling) programs [24].



Figure 1: Interface of Autodesk Formit

### 3. Workshop description

In the 2011- 2012 course, Dehaes research group from La Laguna University developed a workshop called Stella 3D with the goal of using art to improve spatial abilities. The workshop was called Stella 3D because it is based on the series of paintings named "Irregular Polygons" by the American artist Frank Stella (Figure 2) made up of 11 works of art, gathered in four chromatic variants. (I,II,III,IV). The aim of the workshop was to build a three-dimensional volume starting from a two-dimensional shape (Frank Stella paintings). To carry out the activity, students used their knowledge of graphical projections and descriptive geometry such as parallel projection and conic perspective. The use of SketchUp allows the possibility to create volumes without almost any learning.

This workshop was test with Fine Art Student and after it validation, was tested with engineering students during two academic courses (2012-2014). These students do not need artistic knowledge, but the fact that the exercise uses the paintings of an artist and that the activity has different solutions means a step towards the introduction of art and creativity in engineering students.



Figure 2. Frank Stella painting and final result of one exercise made with SketchUp

Although creativity has not just a single definition, there is general agreement that, whatever it is that we mean by creativity, it involves gathering things (words, images...) in a novel way. There is

also consensus that some types of creativity, involve the ability of divergent thinking (generating multiple solutions to a problem), as opposed to convergent thinking (one solution) [2].

Finally, in order to introduce the use of digital tablets in teaching Graphics Engineering, during the course 2014-2015 was conducted the Stella 3D workshop with students of Electronic Engineering. The difference with previous experiences was, that this time, the students had the possibility to use the program Autodesk Formit running in digital tablets. In this way, students could solve the workshop on a mobile device (Figure 4).

## 4. Methods and materials

### 4.1. Participants

The study sample consists of 51 first year students from electrical engineering degree belonging to the University of La Laguna. The study was conducted during the first semester of 2014-2015 academic year. This group filled out a questionnaire before the activity on their self-assessment of creativity and another after the activity on its assessment towards it.

### 4.2. Instruction

First Phase: Introduction class to Autodesk Formit. The experience takes place in the classroom of Electronic Engineering. It consists of a session of one hour and a half in which students are taught the operation of Autodesk Formit program through an iPad. After the lecture the students are separated in groups with an iPad to work with it. Each group must perform two activities with the Formit application. The first activity is to raise two figures given in isometric perspective. The second activity is to draw a house top view on a sheet; once the drawing is finished they must take a picture to it with the same iPad and insert the image into the Formit environment. Finally they use the image to create a 3D model of a house using Formit application (Figure 3).



Figure 3. Introduction class to Autodesk Formit

Second Phase: Stella 3D Workshop using SketchUp and Autodesk Formit. It consists in a session of two hours and was conducted in a classroom with 50 computers. For the workshop, students were separated in groups and each group was given an iPad. Using the contents of the web

www.anfore3d.com, each group had to carry out the workshop with a different Frank Stella painting (Figure 2). Each group must find four different solutions to the same Frank Stella painting used as a top view. They have to solve the exercise using SketchUp in the computer and Autodesk Formit in the iPad (Figure 4).

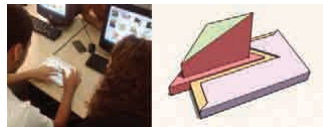


Figure 4. Final result of an exercise made with Autodesk Formit

#### 4.3. Measurement tools

For data analysis two questionnaires were used in 51 students. Before carrying out the experience, a survey questionnaire of five items was taken to know the students' self-view on creative aspects and their opinion about the importance of creativity for the work of an engineer. With this survey we try to have a previous image about the importance that students of engineering pay to creative aspect of their learning without being influenced by the fulfillment of the workshop. The survey is based on a Likert scale from 1 to 5. After the experience a second questionnaire of eight items was taken to check the student's opinion about the creativity aspects of the Stella 3D workshop and the use of Autodesk Formit on digital tablets. The survey is also based on a Likert scale from 1 to 5.

#### 5. Results

The following table (see Table 1) shows the results of the creativity questionnaire prior to experience with Autodesk Formit and Stella 3D workshop.

Table 1: Results from questionnaire on creativity and engineering

Questions	Results (1-5) N=51
I think I am a creative person.	3,5
Creativity is important for the work of an engineer.	4,4
I like problems that allow several solutions with the same statement.	3,9
I sense that creativity is highly regarded in engineering workplaces.	3,7
Creativity can be developed through exercises.	3,7

Once the students made the two sessions of the creative workshop with Autodesk Formit, they were asked to fill a new questionnaire. We wanted to know, after using a mobile device for 3D modeling, their opinion about the use of this device in engineering work and their opinion about the creative aspects of Stella 3D exercises. The results obtained in the second questionnaire are as follows (see Table 2):

Table 2: Results from questionnaire after Stella 3D workshop

Questions	Results (1-5) N=51
I think the possibility of mobile working using graphic resources is important for an engineer.	4,4
The use of digital tablets is important for the early stages of an engineering project.	3,4
I consider Formit's interface allows learning to model 3D objects in a simple and fast way.	3,5
I consider Formit is a good tool to explore different 3D solutions in an engineering problem.	3,3
Formit is a good tool for Stella 3D Workshop exercises.	3,3
The Stella 3D workshop allows me to develop my creativity.	3,7
It is easy to find several different solutions to the Stella 3D workshop exercises.	3,3
Stella 3D workshop exercises help me to improve my knowledge of standard views.	3,9

#### 6. Conclusions

Mobile device (Digital Tablet) are a new option to introduce 3D modelling in engineering studies. All the students could made the exercise using their ipads and found Formit's interface easy for learning to model 3D objects (3,5 of 5)

Students think that creativity is important for the work of an engineer (4.4 of 5). They do not consider themselves to be very creative people (3.5 of 5) but consider that creativity can be developed (3.7 of 5).

Furthermore, students believe that the possibility of working with graphic resources in mobility is important for an engineer (4.4 of 5) and consider that Autodesk Formit as an acceptable tool to explore different 3D solutions in engineering problem (3,3 of 5). Finally, the Stella 3D Workshop is perceived as a useful tool for developing creativity (3.7 of 5).

#### 7. Future Works

After validating the Stella 3D workshop on mobile devices through Autodesk Formit and getting feedback from students about the influence on

creativity, we will conduct an experiment that allows us to measure creativity in students.

## 8. Acknowledgements

The University of La Laguna Program "Educational Innovative Project, 2014-2015" through the research project "Promotion of creativity as a strategy in the process of teaching drawing in technical studies", partially supported this work.

## 9. References

- [1] C. Baillie (2002). Enhancing creativity in engineering students, *Eng. Sci. Educ. J.*, 11 pp. 185±192
- [2] Liu, Z. E., & Schönwetter, D. J. (2004). Teaching Creativity in Engineering. *International Journal of Engineering Education*, 20 (5), pp. 801-808.
- [3] M. C. Shaw, (2001). *Engineering Problem Solving: A Classical Perspective*, Noyes Publications, Norwich, NY.
- [4] J.C. Martin, (1991) *Complete professionalism for engineers*, in *Frontiers in Education Conference*, IEEE, Washington, DC.
- [5] Perrenoud, P. (2006). Dix nouvelles compétences pour enseigner Invitation au voyage (5e éd.). París: ESF.
- [6] Adánez, G., & Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal for Geometry and Graphics*, 6 (1), pp. 99-109.
- [7] Saorín, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 84 (9), pp. 721-732.
- [8] Tuning Project *Competences*. From Tuning. Educational Structures in Europe, <http://goo.gl/jPGwg8>, Access Date: 24 February, 2014
- [9] Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, *Libros Blancos*, <http://goo.gl/J3zopo>, Access Date: 24 February, 2014.
- [10] National Academy of Engineering., *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington: The National Academies Press, 2005.
- [11] National Academy of Engineering. (2004) *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington: The National Academies Press.
- [12] Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. *Proceeding of the 31st*

*European Conference on Cognitive Ergonomics*. (p. Art. Nº 3). New York: ECCE.

[13] N. Martín-Dorta, J.L. Saorín, M. Contero. (2008). Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 97 (4), pp. 505-513.

[14] de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Melián Dámari, Meier Cecile (2015). *STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education*. *International Journal of Engineering Education*, 31, (3), pp 805-813.

[15] Horizon. (2013). *Horizon Report Edición sobre Educación Superior 2013*. New Media Consortium. Austin: New Media Consortium.

[16] Cánovas, G., García de Pablo, A., Oliaga San Atilano, A., & Aboy Ferrer, I. (2014). *Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablets y Smartphones*. España: Protegeles.

[17] Sharples, M. (2000). The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong Learning. *Computers & Education*, Volumen 34, pp. 177-193.

[18] Gliksman, S. (2011). What do Students Think of Using iPads in Class? Pilot Survey Results Access Date: 28 June, 2015 <http://goo.gl/K12ZdO>.

[19] Heinrich, P. (2012). The Ipad as a Tool for Education. A Study of the Introduction of iPads at Longfield Academy, Kent. Naace. Access Date 16 June, 2015 <http://goo.gl/tqycx>.

[20] Saorín Pérez, J. L., de la Torre Cantero, J., Martín Dorta, N., Carbonell Carrera, C., & Contero González, M. (2011). Tablet digitales para la docencia del dibujo, diseño y artes plásticas. *Teoría de la Educación: Educación y cultura en la sociedad de la Información*, 259-279.

[21] Caño, A. d., de la Cruz, M., & Solano, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción*, 505, 53-71

[22] de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Carbonell, C., del Castillo Cossío, M. D., & Contero, M. (2012). Modelado 3D como herramienta educacional. *Arte, Individuo y Sociedad*, 179-193.

[23] de la Torre Cantero, J. (2013). *Aplicación de Tecnologías Gráficas Avanzadas como elemento de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas*. Valencia: UPV.

[24] de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., Barroso, I. (2014). Modelado conceptual en tabletas digitales como primera etapa en el ciclo de vida de un proyecto BIM. *Proceeding of the 2th National Congress BIM - EUBIM 2014*. Valencia.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

## PUBLICACIÓN Nº: 15

---

*Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad.*

Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación (CINIE).

ISBN: 9-788416-397556

*Marzo 2017  
Madrid (España)*

.....

Dámari Melián Díaz  
Carlos Carbonell Carrera  
José Luis Saorín Pérez  
Jorge de la Torre Cantero  
Norena Martín Dorta



Anexo III 200

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO III\_ Otras publicaciones



LIBRO DE ACTAS

# CINIE 2017

8<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> of March 2017 - Madrid (Spain)

## Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación

International Conference of Innovation and Education in Building



## DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN

Escuela Técnica Superior de Edificación  
Universidad Politécnica de Madrid

Avda. Juan de Herrera, nº 6 - 28040 - Madrid



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

ANEXO III\_ Otras publicaciones

Libro de Actas  
Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación. CINIE 2017



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN

Avenida Juan de Herrera, 6. 28040 – Madrid

Tel. 913367595 Fax: 91 336 76 44

**Organizador: Departamento de Tecnología de la Edificación de la ETSEM.**

Universidad Politécnica de Madrid

Patrocinador: Cátedra Empresa PROIESCON



Depósito Legal: M-7642-2017

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



## CREACIÓN DE MAQUETAS DE TERRENO MEDIANTE FABRICACIÓN DIGITAL DE BAJO COSTE PARA LA MEJORA DE LA INTERPRETACIÓN DEL RELIEVE TOPOGRÁFICO Y EL FOMENTO DE LA CREATIVIDAD

<sup>1</sup>Dámari Melián Díaz; <sup>1</sup>Carlos Carbonell Carrera; <sup>1</sup>José Luis Saorín Pérez; <sup>1</sup>Jorge de la Torre Cantero; <sup>1</sup>Norena Martín Dorta.

<sup>1</sup> Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de La Laguna

### Resumen

La competencia espacial se puede desarrollar mediante la realización de ejercicios y la competencia creativa mejora, si el diseño de los ejercicios ofrece múltiples soluciones. La comprensión del relieve topográfico es necesaria para la integración de proyectos de arquitectura e ingeniería en el entorno. Sin embargo, en la formación universitaria de los estudiantes, se han detectado carencias para la interpretación de las formas del relieve. Las maquetas de terreno, además de aportar una materialidad que complementa a las representaciones virtuales que ofrecen los programas de diseño asistido por ordenador, pueden ayudar a suplir esta carencia. La aparición de tecnologías de fabricación digital de bajo coste permiten la creación de maquetas de terreno y su incorporación en la docencia reglada. En este artículo se presentan los resultados de dos experiencias en esa línea. En la primera, llevada a cabo durante el curso 2015-16 con 33 alumnos universitarios, se realizan maquetas topográficas utilizando secciones apiladas, con el objetivo de mejorar la interpretación tridimensional de las formas del terreno. La segunda parte de la experiencia, llevada a cabo durante el curso 2016-17 se realiza con alumnos del Máster del profesorado. Se trata de una validación preliminar, con pocos alumnos, en la que se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para medir la variación de la competencia creativa en los alumnos se utiliza el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC), antes y después de la experiencia.

**Palabras clave:** Fabricación digital 3D de bajo coste; Maquetas de terreno; Interpretación del relieve; Competencias espaciales, Creatividad.

### 1. INTRODUCCIÓN

La interpretación del relieve para la integración de proyectos arquitectónicos en un entorno paisajístico es un reto al que profesionales de la arquitectura se enfrentan a diario. En la representación del relieve se han venido utilizando técnicas cartográficas como las curvas de nivel, los sombreados y las tintas hipsométricas, por citar los más representativos. Estas técnicas, combinadas con la modelización digital de terrenos y su integración en entornos BIM, facilitan la representación tridimensional, pero en arquitectura e ingeniería es

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



frecuente recurrir al empleo de maquetas para obtener una representación 3D tangible, que complemente a su versión digital. Cazaro y Martínez, [1] afirman que la tecnología digital está dirigiendo la producción gráfica hacia un nuevo realismo y un nuevo materialismo o materialidad virtual, y concluyen que el mundo del dibujo virtual del ordenador también ha provocado, en paralelo, conexiones directas con el mundo real, a través de lo que se ha dado en llamar fabricación digital [2].

A su vez, en entornos educativos donde los planos son ampliamente utilizados (ingeniería y arquitectura), el empleo de maquetas ayuda a la comprensión del espacio tridimensional. Numerosos investigadores han estudiado las dificultades de los estudiantes en la interpretación del relieve cartográfico: Boardman [3] detectó problemas en la interpretación de curvas de nivel; Carter, Patrick, Wiebe, Park y Butler [4] concluyeron que los estudiantes tienen dificultades en la transición entre las representaciones 2D y su interpretación 3D; Lanca [5] estudió la capacidad de los alumnos para crear representaciones transversales 3D de mapas topográficos, sugiriendo la necesidad de profundizar en estrategias específicas para la comprensión de mapas topográficos.

Relacionadas con la representación e interpretación del relieve existen un gran número de competencias y resultados de aprendizaje en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior: conocimiento de los elementos del mapa y las formas de representación del relieve, modelización del medio natural, conocimiento y manejo de las herramientas informáticas precisas para el cálculo, procesado, análisis, representación y gestión del dato, representación cartográfica de elementos geomorfológicos, reconstrucción tridimensional y modelización virtual, conocimiento de los procesos y las formas de relieve terrestre hacia su integración en el análisis del paisaje y planificación [6].

Para la adquisición de estas competencias, diversos estudios han demostrado que un contenido se aprende más rápido mediante el uso de objetos tridimensionales [7]. En ámbitos educativos, los objetos y modelos en 3D son utilizados de manera habitual en diferentes disciplinas, como en la enseñanza de la arquitectura (maquetas) y para el dibujo técnico y las vistas normalizadas (piezas técnicas). Sin embargo, en estos casos las maquetas ya están construidas: la creación de maquetas es una actividad que da un paso más en el proceso de aprendizaje. Álvarez [8] se alía a la maqueta como un elemento didáctico de primer orden.

En este artículo se presenta una tecnología de fabricación digital de bajo coste para la creación de maquetas mediante secciones apiladas, en el que se emplean aplicaciones como Autodesk 123D Make y Google SketchUp, que al ser gratuitas facilitan su implantación en la docencia. Para medir el impacto de esta tecnología en la interpretación del relieve topográfico se lleva a cabo un

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad

2

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



taller en el que estudiantes universitarios elaboran maquetas de terreno y realizan una serie de ejercicios que combinan la representación 2D convencional con la obtenida a través de las maquetas. Por otra parte, se realiza también otra experiencia con un número reducido de alumnos para obtener una validación preliminar de los aspectos creativos asociados a la realización de maquetas de terrenos.

**1.1. Maquetas: desde el cartón a la fabricación aditiva.**

En la práctica profesional, las maquetas son utilizadas como herramientas auxiliares en la realización de proyectos arquitectónicos: la maqueta comparte con el dibujo una gran síntesis expresiva, lo que la convierte en un certero instrumento de conocimiento que entra a formar parte del engranaje básico de la materialización y concreción física de la idea del proyecto [2]. En ámbitos docentes, a su vez, ha sido frecuente el empleo de maquetas topográficas para el entendimiento de los terrenos de manera rápida y clara [9]. En la figura 1, se muestra una maqueta utilizada en la Universidad de La Laguna para la asimilación de contenidos relacionados con el desmonte y terraplén de terrenos.

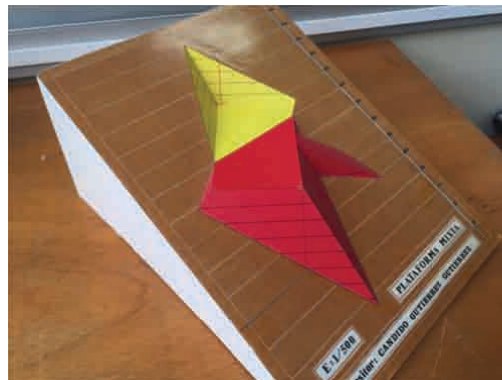


Fig. 1: Maqueta descriptiva de taludes de desmonte y terraplén por planos acotados.

Las maquetas constituyen un excelente material didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la lectura, interpretación y realización de los planos que definen un proyecto o sus diferentes elementos [10], así como un poderoso instrumento de análisis arquitectónico [11].

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 3

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLaVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



Los procesos y materiales tradicionales de fabricación (escayola, madera, corcho, cartón...) están siendo sustituidos por la modelización digital de terrenos obtenida a través de observaciones topográficas, escaneo laser tridimensional o técnicas fotogramétricas. Una manera de simplificar es utilizar aplicaciones gratuitas como Google SketchUp que permite geolocalizar un proyecto partiendo de los datos de Google Earth (Figura 2). Este modelo se puede exportar en formato STL, para su procesamiento con otra aplicación gratuita, Autodesk 123D Make, para la realización de la maqueta.

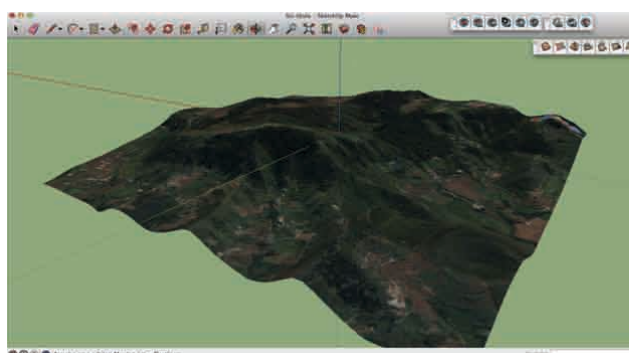


Fig. 2: MDT Google SketchUp

Las nuevas tecnologías permiten la fabricación de maquetas a partir de modelos digitales de terreno, como la fabricación aditiva: destacar las impresoras 3D, capaces de reproducir el terreno a través de capas sucesivas de plástico fundido. Su creciente implantación en el mercado abarata su costo, lo que facilita su uso en contextos educativos [12]. Su acabado es muy preciso, pero según el tamaño de la maqueta existen limitaciones debido a la superficie de impresión. Además, se precisa de mucho tiempo para su ejecución.

Otras opciones de fabricación por adición de material es la utilización de secciones apiladas para unir una encima de otra y construir la maqueta. La aplicación gratuita Autodesk 123D Make permite generar secciones de un modelo 3D en formato DXF o PDF, así como seleccionar el tamaño de la maqueta, el grosor de cada sección o capa (según el material empleado), y la técnica constructiva: adición de una capa encima de otra, o construcción por capas intersectadas. Proporciona, además, un vídeo de montaje de la maqueta.

## 1.2. Creatividad en arquitectura e ingeniería.

En un principio la competencia creativa se asociaba exclusivamente a los estudios de arte y humanidades, para después hacerse extensivo a otras

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad

4

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



disciplinas de carácter más técnico. En concreto, en el ámbito de ingeniería la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos, en su informe estratégico "El ingeniero de 2020" (National Academy of Engineering, 2004) [13], indica que las humanidades, las ciencias sociales y las habilidades de presentación y comunicación, son al menos tan importantes como los conocimientos técnicos para un profesional de la ingeniería. Es por eso que en las carreras de carácter científico y técnico (STEM en su acrónimo inglés) se debe incluir el Arte y el Diseño para favorecer la creatividad en este tipo de enseñanzas y por lo tanto se tiende hacia un nuevo acrónimo denominado STEAM, donde la "A" se refiere a Arte y Diseño [14].

En este contexto creativo-tecnológico es preciso, por tanto, además de una dotación tecnológica adecuada, el diseño de actividades que permitan aprovechar todo el potencial creativo de los alumnos en su entorno de enseñanza-aprendizaje. En la Universidad de La Laguna, donde se realiza este estudio, ya se ha llevado a cabo un taller (<http://www.anfore3d.com/#!anfore-stella-3d/c1vil>) de modelado 3D para introducir aspectos del arte y el diseño en carreras técnicas (STEAM), en el ámbito de asignaturas de Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador de grados de Ingeniería y Arquitectura [15].

## 2. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

En este artículo se presentan los resultados de dos experiencias en esa línea. En la primera, llevada a cabo durante el curso 2015-16 con 33 alumnos universitarios, se realizan a partir de cinco modelos 3D digitales de terrenos, maquetas topográficas utilizando secciones apiladas. El objetivo de esta experiencia es mejorar la interpretación tridimensional de las formas del terreno. La segunda parte de la experiencia, llevada a cabo durante el curso 2016-17 se realiza con alumnos del Máster del profesorado. Se trata de una validación preliminar, con pocos alumnos, en la que se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para ello los alumnos escogen la zona que quieren representar, y determinan los tamaños y escalas con las que trabajar. Una vez escogido el terreno, se crea la maqueta digital 3D y se fabrica a posteriori con las técnicas de la experiencia anterior. Para medir la variación de la competencia creativa en los alumnos se utiliza el Test de Abreacción de la Creatividad (TAEC), antes y después de la experiencia.

### 2.1. Experiencia I: Mejora de interpretación de terrenos.

La actividad se desarrolló durante el curso académico 2015-2016 con 33 estudiantes de Ingeniería de la Universidad de La Laguna separados en 11 grupos de tres componentes.

**Sesión 1:** Se facilitan cinco mapas en papel, en los que el relieve del terreno se representa a través de diferentes técnicas cartográficas 2D: curvas de nivel,

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad

5

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



ortofotos, tintas hipsométricas combinadas con curvas de nivel, escalas de color y sombreado cenital oblicuo con tintas hipsométricas combinadas con curvas de nivel. Cada tipo de representación contiene una serie de preguntas sobre la interpretación del terreno que los alumnos deben identificar en el mapa: rutas, líneas de máxima pendiente, elevaciones, colinas, líneas divisorias, vauadas, vértices y depresiones.

**Sesión 2:** A partir de los cinco mapas de la sesión 1, se les entrega a los alumnos los terrenos representados en formato 3D digital (STL) y se lleva a cabo la construcción de la maqueta. Con el programa 123D Make los alumnos tienen que construir una maqueta de 15 x 15 cm utilizando la técnica de fabricación denominada Stacked Slices (secciones apiladas). Utilizando esta técnica, el programa genera secciones de terreno horizontales, similares a las curvas de nivel. El espesor de cada sección (en función del material utilizado) y la forma del terreno, determinarán el número de partes que constituirá la maqueta (Figura 3).

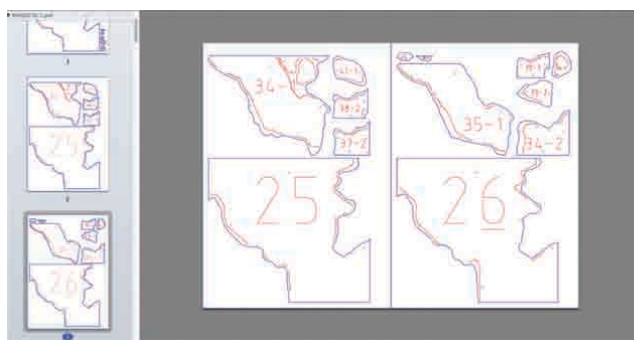


Fig. 3: Secciones

Una vez impresas las plantillas de las secciones en papel, se pegan sobre etilvinilacetato, para recortarlas y proceder a pegar las capas por orden (Figura 4). Este material, también conocido como goma EVA, es barato y fácil de cortar con cutter y/o tijeras. Cada pieza está numerada y si el montaje del terreno presentara alguna dificultad, se puede recurrir al video de montaje que ofrece el programa.

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 6

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
 EDIFICACIÓN - CINIE2017



Fig. 4: Pegado de secciones de etilvinilacetato y creación de maqueta

Terminada la maqueta, los alumnos comprueban las respuestas dadas a las preguntas sobre la interpretación del relieve formuladas en la sesión 1 con la representación 2D, comparando si la comprensión del espacio expresado a través de un mapa se corresponde con su vista tridimensional. La figura 5 muestra un tipo de representación (curvas de nivel) 2D y su correspondiente maqueta.

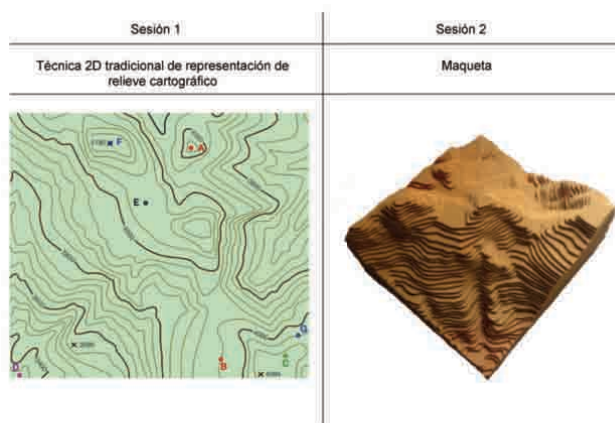


Fig. 5: Representaciones 2D con técnicas cartográficas tradicionales y su versión en maqueta.

## 2.2. Experiencia II: Fomento de la creatividad.

En esta experiencia, a diferencia de la actividad anterior donde los alumnos realizaban maquetas de terrenos ya dados, se pretende incorporar aspectos creativos a la realización de maquetas de terrenos. Para ello los alumnos escogen la zona que quieren representar y determinan los tamaños y escalas con las que trabajar. Se ha realizado con pocos alumnos al objeto de disponer de una primera valoración preliminar de los aspectos creativos.

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 7

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



Esta actividad se realizó con 3 alumnos del Máster de Formación del profesorado en la especialidad de Informática. Se dedicaron dos sesiones para la realización de esta actividad, la primera de 1 hora y la segunda de 4 horas.

**Sesión 1:** Los alumnos realizan al finalizar la clase habitual el test de creatividad TAEC (Pre test) al objeto de disponer de una valoración inicial de los valores de creatividad del grupo.

**Sesión 2:** Los participantes, seleccionan individualmente el lugar con el que posteriormente van a trabajar para realizar la maqueta del terreno. Los alumnos podrán escoger en función de sus intereses personales la zona geográfica de la maqueta, (zonas significativas en su vida diaria), los lugares escogidos fueron una montaña sagrada de los guanches al sur de la isla de Tenerife, la desembocadura de un barranco en la isla de La Palma y por último una montaña emblemática de un municipio del norte de Tenerife.

Cada alumno localizó y generó el modelo .STL de su terreno con el programa SketchUp, y siguió el mismo procedimiento para la realización de su maqueta que realizaron los alumnos de la Experiencia I en la Sesión 2. Una vez los alumnos terminan sus maquetas, realizan de nuevo el test de creatividad TAEC (Post Test).

### 3. RESULTADOS

Después de realizar las dos experiencias anteriormente descritas, se han obtenido los siguientes resultados:

Al finalizar la primera experiencia, los participantes se someten a una encuesta de satisfacción (Tabla 1) con respuestas en escala de Likert (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo). En esta encuesta, las tres primeras preguntas (Q1, Q2, Q3) se refieren a la mejora de la comprensión del relieve, las siguientes tres preguntas (Q4, Q5, Q6) se refieren a conceptos básicos asociados a la interpretación tridimensional del terreno y las preguntas Q7 y Q8 hacen referencia a la herramienta 123D Make utilizada para la creación de la maqueta. Una estimación de la fiabilidad del cuestionario se calcula el alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,78 (un valor sobre 0,7 —0,8 es suficiente para asegurar la fiabilidad).

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 8

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38

CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
 EDIFICACIÓN - CINIE2017



Tabla 1: Encuesta de satisfacción

Cuestión	Media (desv. típica)
Q1 El proceso de realización de la maqueta me permite visualizar los accidentes geográficos necesarios mejorando mi comprensión del relieve.	4,2 (0,56)
Q2 Las maquetas son útiles para aprender los conceptos básicos de cartografía y topografía.	4,34 (0,70)
Q3 Con la maqueta interpreto mejor las formas del relieve que con la representación 2D.	4,34 (0,60)
Q4 Con la maqueta entiendo mejor el concepto de curva de nivel que con la representación 2D.	4,38 (0,79)
Q5 Con la maqueta entiendo mejor el concepto de línea de máxima pendiente que con la representación 2D.	4,13 (0,79)
Q6 Con la maqueta entiendo mejor los conceptos sobre el perfil longitudinal y transversal que con la representación 2D.	3,84 (1,05)
Q7 123D Make es una buena herramienta para realizar maquetas de terrenos en 3D.	4,4 (0,51)
Q8 El uso de 123D Make para introducir el modelado 3D de terrenos en las aulas me parece muy interesante.	4,1 (0,60)

Los resultados de creatividad obtenidos en antes (Pre-Test) y después (Post-test) de realizar la segunda experiencia son los siguientes:

Tabla 1: Resultado del TAEC

	Pre test	Post test
<b>Media</b>	84,4	102,8
(Desviación típica)	(23,1)	(23,5)

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la primera experiencia, podemos concluir que:

El uso de maquetas mejora la comprensión del relieve (Q1, Q2, Q3): la valoración de los estudiantes en estas tres preguntas, es alta (valores superiores a 4 sobre 5). En este sentido, no solo el empleo de maquetas, sino

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 9

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



el proceso de fabricación de las mismas, ayuda a un mejor entendimiento de las formas del terreno.

Conceptos básicos asociados a la interpretación tridimensional del terreno (Q4, Q5, Q6) como los de curva de nivel, línea de máxima pendiente y secciones longitudinales y/o transversales se adquieren mejor a través de maquetas (puntuaciones de las tres preguntas por encima de 3,8 sobre 5) que con las representaciones tradicionales del terreno en mapas y planos.

Herramientas gratuitas como 123D Make están bien consideradas (Q7, Q8) por los alumnos para la realización de maquetas (puntuaciones superiores a 4 sobre 5). Así mismo, constituyen una interesante metodología docente para la fabricación y modelado tridimensional.

Con respecto a la segunda experiencia, la validación preliminar de la creatividad, se puede comprobar que los alumnos mejoran los resultados obtenidos en el Test de Creatividad (TAEC), pasando de una puntuación de 84,4 sobre 324 en el Pre Test a 102,8 sobre 324 en el Post Test.

Como futuro trabajo, se propone medir los resultados de creatividad en un grupo mayor, que nos permita obtener resultados definitivos.

#### Agradecimientos

Se agradece la financiación concedida a la ULL por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, cofinanciada en un 85% por el Fondo Social Europeo.

#### REFERENCIAS

- [1] E. Carazo, S. Martínez, "EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica", *La generación digital. Más notas para el debate sobre una cibernética de la arquitectura*, no. 22, pp. 50-59, 2013.
- [2] E. Carazo, N. Galván, "EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica", *Aprendiendo con maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura*, no. 24, pp. 62-71, 2014.
- [3] D. Boardman, "Geography", *The development of graphicacy: Children's understanding of maps*, vol. 4, no. 74, pp. 321-331, 1989.
- [4] G. Carter, M. Patrick, E. N. Wiebe, J.C. Park, S. M. Butler, In Proceedings of NARST, Dallas, TX, *Middle grade students' interpretation of topographic maps*. 2005.
- [5] M. Lanca, "Contemporary Educational Psychology " *Three dimensional representation of contour maps*, no. 23, pp. 22-41, 1998.
- [6] M. Chueca, F. Salcedo, J. Ferrer, L. Galván, J. Olivé, "National Agency for Quality Assessment and Accreditation" (ANECA) Spain, *White Paper Title Engineer Degree in Geomatics and Surveying*, pp.118-148, 2004
- [7] L.A., Andrade, C. Espitia, E.A. Huerta, D.R. Aldana, P.A. Bacca, "Psicología Educativa", *Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con o sin Manipulación Física*, vol. 1, no. 18, pp. 29-40, 2012.

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad 10

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN  
EDIFICACIÓN - CINIE2017



- [8] F. Álvarez, "Diagonal", *Rastrear proyectos, contar historias*, no. 28, pp. 10-13, 2011.
- [9] W. Knoll, M. Hechinger, *Maquetas de arquitectura. Técnicas y construcción*. 6ª Ed. Barcelona: Ed. Gustavo Gili S.A., 2005
- [10] T. Pérez, I. Ferreiro, R. Pigem, R. T. Jover, M. Serrano, C. D'az, XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica Barcelona : INGEGRAF, *Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería*. 2006.
- [11] B. Zevi, Conferencia Universidad de Roma en Diciembre de 1963, *La Storia come metodología operativa* e incluida en Zevi, B. (1973) *Il linguaggio moderno dell'Architettura*. Turín, Einaudi, no. 5, pp. 9-14, 1977.
- [12] E. Canessa, C. Fonda, M. Zennaro, "Education & Sustainable Development", *Low-cost 3D Printing for Science*, Trieste, Italy, 2013.
- [13] National Academy of Engineering. *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington: The National Academies Press, 2004.
- [14] G. A. Boy, 31st European Conference on Cognitive Ergonomics, *From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking*. (p. Article no. 3). New York, 2013.
- [15] J. De la Torre-Cantero, J.L. Saorín, D. Melián, C. Meier, "The International Journal of Engineering Education", *STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education*, vol. 31 no. 3, pp. 805-813, 2015.

Creación de maquetas de terreno mediante fabricación digital de bajo coste para la mejora de la interpretación del relieve topográfico y el fomento de la creatividad

11

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1637701

Código de verificación: 7YLarVRg

Firmado por: Dámari Melián Díaz  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 02/11/2018 12:59:38