

JIDA'19

VII JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'19

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'19

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID
14 Y 15 DE NOVIEMBRE DE 2019



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

GILDA

GRUP PER A LA INNOVACIÓ
I LA LOGÍSTICA DOCENT
EN ARQUITECTURA

Organiza e impulsa **GILDA** (Grupo para la Innovación y Logística Docente en la Arquitectura), en el marco del proyecto RIMA (Investigación e Innovación en Metodologías de Aprendizaje), de la Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC) y el Institut de Ciències de l'Educació (ICE). <http://revistes.upc.edu/ojs/index.php/JIDA>

Editores

Daniel García-Escudero, Berta Bardí i Milà

Revisión de textos

Joan Moreno, Judit Taberna, Jordi Franquesa

Edita

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

ISBN 978-84-9880-797-4 (IDP, UPC)

eISSN 2462-571X

D.L. B 9090-2014

© de los textos y las imágenes: los autores

© de la presente edición: Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

Comité Organizador JIDA'19

Dirección, coordinación y edición

Berta Bardí i Milà (GILDA)

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

Daniel García-Escudero (GILDA)

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

Organización

Jordi Franquesa (coordinador GILDA)

Dr. Arquitecto, Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSAB-UPC

Antonio Juárez Chicote

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Sergio De Miguel García

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Joan Moreno Sanz (GILDA)

Dr. Arquitecto, Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSAB-UPC

Jesús Ulargui

Dr. Arquitecto, Subdir. Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Judit Taberna (GILDA)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Comité Científico JIDA'19

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

Atxu Amann Alcocer

Dra. Arquitecta, Departamento de Ideación Gráfica, ETSAM-UPM

Irma Arribas Pérez

Dra. Arquitecta, Diseño, Instituto Europeo de Diseño, IED Barcelona

Iñaki Bergera

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-Universidad de Zaragoza

Jaume Blancafort

Dr. Arquitecto, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAB-UPC

Enrique M. Blanco-Lorenzo

Dr. Arquitecto, Dpto. de Proyectos Arquitectónicos, Urbanismo y Composición, Universidad de A Coruña

Belén Butragueño Díaz-Guerra

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Ivan Cabrera i Fausto

Dr. Arq., Dpto. de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSAB-UPC

Nuria Castilla Cabanes

Dra. Arquitecta, Departamento de Construcciones arquitectónicas, ETSAB-UPC

Rodrigo Carbajal-Ballell

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

Valentina Cristini

Dra. Arquitecta, Composición Arquitectónica, Instituto de Restauración del Patrimonio, ETSA-UPV

Begoña de Abajo

Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Carmen Díez Medina

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

Déborra Domingo Calabuig

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Enrique Espinosa

Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Maria Pia Fontana

Dra. Arquitecta, Arquitectura e Ingeniería de la Construcción, EPS-UdG

Arturo Frediani Sarfati

Dr. Arquitecto, Proyectos, Urbanismo y Dibujo, EAR-URV

Pilar Garcia Almirall

Dra. Arquitecta, Tecnología, ETSAB-UPC

Pedro García Martínez

Dr. Arquitecto, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, ETSAE-UP Cartagena

Mariona Genís Vinyals

Dra. Arquitecta, BAU Centro Universitario del Diseño de Barcelona

María González

Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Arianna Guardiola Víllora

Dra. Arquitecta, Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSA-UPV

Laura Lizondo Sevilla

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Íñigo Lizundia Uranga

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

Emma López Bahut

Dra. Arquitecta, Proyectos, Urbanismo y Composición, ETSAC-UdC

Juanjo López de la Cruz

Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Magda Mària Serrano

Dra. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAV-UPC

Cristina Marieta Gorriti

Dra. Arquitecta, Ingeniería Química y del Medio Ambiente, EIG UPV-EHU

Marta Masdés Bernat

Dra. Arquitecta, Arquitectura e Ingeniería de la Construcción, EPS-UdG

Camilla Mileto

Dra. Arquitecta, Composición arquitectónica, ETSA-UPV

Javier Monclús Fraga

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, EINA-UNIZAR

Marta Muñoz

Arquitecta, Arquitectura, Moda y Diseño, ETSAM-UPM

David Navarro Moreno

Dr. Arquitecto, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UPCT

Luz Paz Agras

Dra. Arquitecta, Proyectos, Urbanismo y Composición, ETSAC-UdC

Melisa Pessoa Marcilla

Dra. Arquitecta, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAB-UPC

Jorge Ramos Jular

Dr. Arquitecto, Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos, ETSAVA-UVA

Amadeo Ramos Carranza

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Javier Francisco Raposo Grau

Dr. Arquitecto, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Ernest Redondo Dominguez

Dr. Arquitecto, Representación arquitectónica, ETSAB-UPC

Patricia Reus

Dra. Arquitecta, Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UP Cartagena

Antonio S. Río Vázquez

Dr. Arquitecto, Composición arquitectónica, ETSAC-UdC

Jaume Roset Calzada

Dr. Físico, Departamento de Física Aplicada, ETSAB-UPC

Patricia Sabín Díaz

Dra. Arquitecta, Dpto. de Construcciones y Estructuras Arquitectónicas, Civiles y Aeronáuticas, Universidad de A Coruña

Inés Sánchez de Madariaga

Dra. Arquitecta, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAM-UPM

Mara Sánchez Llorens

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Carla Sentieri Omarrementeria

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Marta Serra Permanyer

Dra. Arquitecta, Teoría e Historia de la Arquitectura y Técnicas de la Comunicación, ETSAV-UPC

Sergio Vega Sánchez

Dr. Arquitecto, Departamento de Construcción y Tecnología arquitectónicas, ETSAM-UPM

José Vela Castillo

Dr. Arquitecto, IE School of Architecture and Design, IE University, Segovia

Fernando Vegas López-Manzanares

Dr. Arquitecto, Composición arquitectónica, ETSA-UPV

Ferran Ventura Blanch

Dr. Arquitecto, Arte y Arquitectura, EAM-UMA

ÍNDICE

1. **Arquitectura ficción: pensamiento lateral para el diseño social del espacio. *Fictional Architecture: Lateral Thinking for Social Design of Space*.** Hernández-Falagán, David.
2. **Nuevas representaciones, Nuevas concepciones: “entender y hacer entender”.** **MBArch ETSAB. *New representations, New conceptions: “to understand and to make understood”*.** MBArch ETSAB. Zaragoza, Isabel; Esquinas-Dessy, Jesús.
3. **Diarios creativos: el dibujar como germen del aprendizaje productivo. *Creative diaries: drawing as the seed of productive learning*.** Salgado de la Rosa, María Asunción.
4. **La percepción en la revisión de proyectos arquitectónicos. *The perception in the review of architectural projects*.** Sánchez-Castro, Michelle Ignacio.
5. **Comportamiento térmico en edificios utilizando un Aprendizaje Basado en Problemas. *Thermal performance in buildings by using a Problem-Based Learning*.** Serrano-Jiménez, Antonio; Barrios-Padura, Ángela.
6. **Los talleres internacionales como sinergias generadoras de pensamiento complejo. *International workshops as complex thinking-generating synergies*.** Córdoba-Hernández, Rafael; Gómez-Giménez, Jose Manuel.
7. **Wikipedia como recurso para la alfabetización mediática arquitectónica. *Wikipedia as a resource for media architectural literacy*.** Santamarina-Macho, Carlos.
8. **Aprendiendo de Australia. El feminismo en la enseñanza y la práctica de la arquitectura. *Learning from Australia. Feminism in Architecture Education and Practice*.** Pérez-Moreno, Lucía C.; Amoroso, Serafina
9. **Aprendiendo a proyectar: entre el 1/2000 y el 1/20. *Learning to design: between 1/2000 and 1/20*.** Riewe, Roger, Ros-Ballesteros, Jordi; Vidal, Marisol; Linares de la Torre, Oscar.
10. **El mapa y el territorio. Cartografías prospectivas para una enseñanza flexible y transversal. *The map and the territory. Prospective cartographies for flexible and transversal teaching*.** Bambó-Naya, Raimundo; Sancho-Mir, Miguel; Ezquerra, Isabel.
11. **Regletas urbanas. Moldear las estructuras del orden abierto. *Urban Blocks. Moulding open-order structures*.** Rodríguez-Pasamontes, Jesús; Temes-Córdovez, Rafael.

12. **Mediación entre diseño y sociedad: aprendizaje y servicio en Producto Fresco 2019.** *Mediation between design and society: service-learning in Producto Fresco 2019.* Cánovas-Alcaraz, Andrés; Feliz-Ricoy, Sálvora; Martín-Taibo, Leonor.
13. **Learn 2 teach, teach 2 learn. Aprendizaje-Servicio e intercambio de roles en Arquitectura.** *Learn 2 teach, teach 2 learn. Service-Learning and change in roles in Architecture.* Carcelén-González, Ricardo; García-Martín, Fernando Miguel.
14. **Sistemas universitarios: ¿Soporte o corsé para la enseñanza de la arquitectura?** *University Systems: Support or corset to the architecture education?* Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Barrientos-Díaz, Macarena; Goycoolea Prado, Roberto; Araneda-Gutiérrez, Claudio.
15. **Los límites de la ciudad y el rol del arquitecto.** *City Limits and the Architect's Role.* Esguevillas, Daniel; García Triviño, Francisco; Psegiannaki, Katerina.
16. **En busca del cuestionario necesario para el estudio de la didáctica de la arquitectura.** *Looking for the necessary questionnaire for the study of architecture didactics.* Santalla-Blanco, Luis Manuel.
17. **Métodos docentes en la Era Digital: sistemas de respuesta inmediata en clase de urbanismo.** *Teaching methods in the Digital Age: student response systems in an urbanism course.* Ruiz-Apilánez, Borja.
18. **Proyectar deprisa, proyectar despacio. Talleres de aprendizaje transversal.** *Fast architecture, show architecture. Learning through cross curricular workshops.* Cabrero-Olmos, Raquel.
19. **Función y forma en matemáticas.** *Form and function in Mathematics.* Rivera, Rafaela; Trujillo, Macarena.
20. **Collage digital y TICs, nuevas herramientas para la Historia y Teoría de la Arquitectura.** *Digital Collage and ITCs, new tools for History and Theory of Architecture.* García-Rubio, Rubén; Cornaro, Anna.
21. **La formación en proyectos arquitectónicos del profesorado internacional. La experiencia de Form.** *The International professor's formation at architectural design. The Form experience.* Martínez-Marcos, Amaya; Rovira-Llobera, Teresa.
22. **Proyectos 1: Estrategias proyectuales y diseño de mobiliario para el concurso Solar Decathlon.** *Projects 1: Project strategies and furniture design for Solar Decathlon competition.* Carbajal-Ballell, Rodrigo; Rodrigues-de-Oliveira, Silvana.

23. **Aprendiendo construcción mediante retos: despertando conciencias, construyendo intuiciones. *Learning construction through challenges: awakening consciences, building intuitions.*** Barrios-Padura, Ángela; Jiménez-Expósito, Rosa Ana; Serrano-Jiménez, Antonio José.
24. ***Transversality and Common Ground in Architecture, Design Thinking and Teaching Innovation.*** Sádaba-Fernández, Juan.
25. **Metodología: “Aprender haciendo”, aplicada al área de Construcciones Arquitectónicas. *Methodology: “Learning by doing”, applied to the Architectural Constructions area.*** Muñoz-González, Carmen M.; Ruiz-Jaramillo, Jonathan; Alba-Dorado, María Isabel; Joyanes Díaz, María Dolores.
26. **Matrioska docente: un experimento pedagógico en MACA ETSAM. *Teaching Matriosk: a pedagogical experiment at MACA ETSAM.*** Coca-Leicher, José de; Mallo-Zurdo, María; Ruíz-Plaza, Ángela.
27. **¿Qué deberíamos enseñar? Reflexión en torno al Máster Habilitante en Arquitectura. *What should we teach? Reflection on the Professional Master of Architecture.*** Coll-López, Jaime.
28. ***Hybrid actions into the landscape: in between art and architecture.*** Lapayese, Concha; Arques, Francisco; De la O, Rodrigo.
29. **El Taller de Práctica: una oficina de arquitectura en el interior de la escuela. *The Practice Studio: an architecture office inside the school.*** Jara, Ana Eugenia; Pérez-de la Cruz, Elisa; Caralt, David.
30. **Héroes y Villanos. *Heroes and Villains.*** Ruíz-Plaza, Ángela; Martín-Taibo, Leonor.
31. **Las ciudades y la memoria. Mecanismos de experimentación plástica en paisajes patrimoniales. *Cities and memory. Mechanisms of plastic experimentation in heritage landscapes.*** Rodríguez-Fernández, Carlos; Fernández-Raga, Sagrario; Ramón-Cueto, Gemma.
32. ***Design Through Play: The Archispiel Experience.*** Elvira, Juan; Paez, Roger.
33. **Del lenguaje básico de las formas a la estética de la experiencia. *From basic language of forms to aesthetics of experience.*** Ríos-Vizcarra, Gonzalo; Coll-Pla, Sergio.
34. **Arquitectura y paisaje: un entorno para el aprendizaje transversal, creativo y estratégico. *Architecture and landscape: a cross-cutting, strategic, and creative learning environment.*** Latasa-Zaballos, Itxaro; Gainza-BarrencuA, Joseba.
35. **Re-antropizar el paisaje abandonado. *Re-anthropizing abandoned landscapes.*** Alonso-Rohner, Evelyn; Sosa Díaz- Saavedra, José Antonio.

36. **Mi taller es el barrio. *The Neighborhood is my Studio*.** Durán Calisto, Ana María; Van Sluys, Christine.
37. **Arquitectura en directo, Aprendizaje compartido. *Live architecture, shared learning*.** Pérez-Barreiro, Sara; Villalobos-Alonso, Daniel; López-del Río, Alberto.
38. **Boletín Projecta: herramienta, archivo y registro docente. *Projecta Bulletin: tool, archive and educational record*.** Domingo-Santos, Juan; García-Píriz, Tomás; Moreno-Álvarez, Carmen.
39. **La Plurisensorialidad en la Enseñanza de la Arquitectura. *The Plurisensoriality in the Teaching of Architecture*.** Guerrero-Pérez, Roberto Enrique; Molina-Burgos, Francisco Javier; Uribe-Valdés, Javiera Ignacia.
40. **Versiones Beta. El prototipado como herramienta de aprendizaje. *Beta versions. Prototyping as a learning tool*.** Soriano-Peláez, Federico; Colmenares-Vilata, Silvia; Gil-Lopesino, Eva; Castillo-Vinuesa, Eduardo.
41. **Enseñando a ser arquitecto/a. Iniciación al aprendizaje del proyecto arquitectónico. *Teaching to be an architect. Introduction to the architectural project learning*.** Alba-Dorado, María Isabel.
42. **Arquitectura y conflicto en Ahmedabad, India. Docencia más allá de los cuerpos normados. *Architecture and conflict in Ahmedabad, India. Teaching beyond normative bodies*.** Cano-Ciborro, Víctor.
43. **Agua y ciudadanía: Estrategia Didáctica para la formación en contextos de cambio climático. *Water and citizenship: didactic strategy for training in climate change scenarios*.** Chandia-Jaure, Rosa; Godoy-Donoso, Daniela.
44. **Las TIC como apoyo al desarrollo de pensamiento creativo en la docencia de la arquitectura. *ICT as support for the development of creative thinking in the teaching of architecture*.** Alba-Dorado, María Isabel; Muñoz-González, Carmen María; Joyanes-Díaz, María Dolores; Jiménez-Morales, Eduardo.
45. **Taller de Barrio. Prototipo de taller de oficio como caso de vínculo multidireccional con el medio. *Taller de Barrio. Prototype for a craft workshop as case of multidirectional academic outreach*.** Araneda-Gutiérrez, Claudio; Ascuí-Fernández, Hernán; Azócar-Ulloa, Ricardo; Catrón-Lazo, Carolina.
46. ***Building the City Now!: Towards a Pedagogy for Transdisciplinary Urban Design*.** Massip-Bosch, Enric; Sezneva, Olga.

47. **Dinámicas participativas y multidisciplinariedad en proyectos docentes de regeneración urbana. *Participatory dynamics and multidisciplinary in urban regeneration teaching projects.*** Portalés Mañanós, Ana; Sosa Espinosa, Asenet; Palomares Figueres, Maite.
48. **Taller de proyectos II: aprender haciendo a través del espacio de la experiencia. *Taller de proyectos II: learning by doing through experience space.*** Uribe-Lemarie, Natalia.
49. ***Experimentation, Prototyping and Digital Technologies towards 1:1 in architectural education.*** Dubor, Alexandre; Marengo, Mathilde; Ros-Fernández, Pablo.
50. **Aprender construcción analizando fotografías de edificios. *Learning Construction by Analyzing Photographs of Buildings.*** Fontàs-Serrat, Joan; Estebanell-Minguell, Meritxell.
51. **Microarquitecturas super abstractas. Jugando con tizas, pensando arquitectura con las manos. *Super abstract micro architectures. Playing with chalk, thinking arquitectura with hands.*** Alonso-García, Eusebio; Zelli, Flavia.
52. **Incorporación del blended learning al taller de proyectos arquitectónicos. *Incorporating blended learning to the architectural design-studio.*** Nicolau-Corbacho, Alberto; Verdú-Vázquez, Amparo; Gil-López, Tomás.
53. **El proyecto arquitectónico en paisajes patrimoniales: una experiencia de inmersión internacional. *Architectural project in heritage landscapes: an international immersion experience.*** Fernández-Raga, Sagrario; Rodríguez-Fernández, Carlos; Fernández-Villalobos, Nieves; Zelli, Flavia.
54. **Retrato hablado del pasado. Un documento social de Taller de Barrios. *Spoken portrait of the past. A Taller de Barrios social document.*** Sáez-Gutiérrez, Nicolás; Burdiles-Cisterna, Carmen Gloria; Lagos-Vergara, Rodrigo; Maureira-Ibarra, Luis Felipe.
55. **Las revistas de arquitectura. Una herramienta para la docencia en Historia de la Arquitectura. *The architecture magazines. A tool for teaching in Architecture History.*** Palomares Figueres, Maite; Iborra Bernad, Federico.
56. **El detalle constructivo como expresión multiescalar de la forma. *The constructive detail as a multi-scale expression of the form.*** Ortega Culaciati, Valentina.
57. **La historia de la arquitectura y la restauración en el siglo XXI: utilidad y reflexiones. *The History of Architecture and the Restoration in the 21st century: utility and reflections.*** La Spina, Vincenzina; Iborra Bernard, Federico.

58. **Aprendizaje activo en Urbanismo: aproximación global desde una formación local. *Active learning in Urbanism: global approach from a local learning.*** Soto Caro, Marcela; Barrientos Díaz, Macarena.
59. **UNI-Health, Programa Europeo de Innovación Educativa para la Salud Urbana. *UNI-Health, European Innovative Education Program for Urban Health.*** Pozo-Menéndez, Elisa; Gallego-Gamazo, Cristina; Román-López, Emilia; Higuera-García, Ester.
60. **Taller de Barrio. Innovación pedagógica a través de alianzas tripartitas. *Taller de Barrio. Pedagogical innovation through threefold alliances.*** Araneda-Gutiérrez, Claudio; Burdiles-Allende, Roberto; Reyes-Pérez, Soledad, Valassina-Simonetta, Flavio.
61. **El taller de arquitectura más allá del enfoque tradicional de Donald Schön. *The architecture studio beyond Donald Schön's traditional approach.*** Arentsen-Morales, Eric.
62. **La construcción del Centro Social de Cañada Real como medio de formación e integración. *The construction of Cañada Real Social Center as instrument for training and integration.*** Paz Núñez-Martí; Roberto Goycoolea-Prado.

Función y forma en matemáticas

Form and function in Mathematics

Rivera, Rafael^a; Trujillo, Macarena^b

^aDepartamento de Urbanismo, Universitat Politècnica de València, rafa@rsrarquitectes.com;

^bDepartamento de Matemática Aplicada, Universitat Politècnica de València, matrugui@mat.upv.es

Abstract

In this communication we present an interdisciplinary experience carried out in the Matemáticas 2 subject which belongs to the Degree in Fundamentals of Architecture (Universitat Politècnica de València). We used as the main topic the relationship between function and form. Specifically, the experience we made related mathematical expressions which define different conical curves and quadric surfaces with their functionality. The topic was discussed by means of seminars, visits and workshops, and ended with a group work whose objective was the design of the chess pieces. The particularity and main characteristic of the work was that the representation of the curves and surfaces used in the design should only be done using the equations that define these forms. The main results of the experience focused on an increase in motivation, participation and student performance.

Keywords: *mathematics, geometry, active methodologies, experimental pedagogy, digital manufacturing.*

Resumen

En esta comunicación presentamos una experiencia interdisciplinar realizada en la asignatura de Matemáticas 2 del Grado en Fundamentos de la Arquitectura de la Universitat Politècnica de València. La temática que utilizamos fue la relación entre función y forma. Concretamente, la experiencia conectaba las expresiones matemáticas que definen diferentes curvas cónicas y superficies cuádricas con su funcionalidad. La temática se desarrolló realizando seminarios, visitas y talleres, y se culminó con la realización de un trabajo en grupo cuyo objetivo era el diseño de las piezas de un ajedrez. La particularidad y principal característica del trabajo era que la representación de las curvas y superficies empleadas en el diseño se debía hacer únicamente utilizando las ecuaciones que definen estas formas. Los principales resultados de la experiencia se centraron en un aumento de la motivación, de la participación y del rendimiento del alumnado.

Palabras clave: *matemáticas, geometría, metodologías activas, pedagogía experimental, fabricación digital.*

Introducción y objetivo de la experiencia

En esta comunicación presentamos una experiencia llevada a cabo en la asignatura de Matemáticas 2 de segundo curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura de la Universitat Politècnica de València. Aunque nos centraremos en la práctica realizada durante el curso 2018/2019, hemos ido realizando experiencias similares durante los últimos cursos con la misma filosofía y las mismas bases pedagógicas. Por ello, esta comunicación no pretende focalizarse únicamente en un ejemplo concreto, sino que éste sea el vehículo que permita exponer las ideas que subyacen detrás y que pueden ser extrapolables a diferentes disciplinas.

Tradicionalmente, las matemáticas han sido parte del currículo de los estudiantes de arquitectura. Esta materia aporta aspectos necesarios en su formación, como herramientas de cálculo, geometría y análisis, entre otros. Sin embargo, la abstracción que la caracteriza y su papel como disciplina básica en los primeros cursos, hacen que el alumnado llegue a perder la perspectiva de la necesidad de su estudio. Por otro lado, hay que añadir, que el perfil de los estudiantes de arquitectura es, en muchos casos, más afín por las materias gráficas o proyectuales y, o bien muestra una carencia de conocimientos previos de matemáticas, o no se sienten especialmente atraídos por estas por el desconocimiento de los valores añadidos que aportan. El resultado de todo ello se traduce en una baja motivación del alumnado de arquitectura por estudiar las asignaturas de matemáticas, lo que provoca ausencias en las clases y un menor rendimiento con tendencia a la procrastinación en el estudio o tareas asociadas a esta materia.

El objetivo de nuestra experiencia es conseguir una mayor motivación y participación del alumnado de arquitectura en la asignatura de Matemáticas 2, basándonos en la interdisciplinariedad y las conexiones entre arquitectura y matemáticas como herramienta principal. Al mismo tiempo, tratamos que el aprendizaje sea eficaz y duradero, por lo que en las clases trabajamos con diferentes metodologías docentes, combinando lo tradicional con lo innovador.

1. Contenidos docentes y temática de la experiencia

En la asignatura de Matemáticas 2 comenzamos estudiando curvas y superficies a partir de sus ecuaciones. Se trata no solo de conocer estas geometrías por su nombre y representación, sino también de entender cómo matemáticamente a través de una expresión se llega a una forma concreta, y cómo influyen en esta las variaciones en la ecuación. Es decir, relacionamos la expresión matemática de curvas y superficies con un resultado exclusivamente formal.

El conocimiento de las expresiones matemáticas que definen curvas y superficies es esencial para realizar cálculos de las mismas, así como también para el uso de multitud de programas de diseño paramétrico. Sin embargo, su aprendizaje queda en muchas ocasiones relegado a un recordatorio memorístico que se olvida rápido y resulta desconectado de otras asignaturas. Es por ello que nos propusimos seleccionar este contenido docente como base para la experiencia.

Apostando por la interdisciplinariedad como herramienta principal para conseguir nuestro objetivo, elegimos como hilo conductor de la experiencia la relación existente entre función y la forma. Los objetos, con independencia de su escala, tienen una configuración determinada y cumplen un propósito concreto. La belleza, las proporciones, la utilidad, la respuesta a una necesidad, son variables que se mezclan a la hora de abordar un proyecto. Incluso el

compromiso social, y los derechos que están detrás de cada necesidad de las personas, componen una realidad tangible, eficaz y hermosa, que debe formar parte de la solución al problema planteado. La dicotomía función-forma es un sistema de ecuaciones con diferentes variables y precisamente las matemáticas tienen mucho que decir al respecto. Añadir en las clases de matemáticas la funcionalidad asociada a la forma nos permite enlazar directamente la abstracción de una ecuación con un objeto tangible. Sin perder la esencia de las matemáticas podemos crear nexos que transformen consideraciones teóricas en soluciones reales. Las líneas, los planos y los volúmenes, tradicionales compañeros de la arquitectura, tienen detrás un soporte potente científico, que distingue entre lo posible y lo imposible según las reglas del juego establecidas.

2. Bases pedagógicas

Son tres las bases pedagógicas en las que se sustenta esta experiencia: la interdisciplinariedad, el trabajo autónomo, y divertirse aprendiendo.

Dada la problemática y el objetivo propuesto, creemos que la interdisciplinariedad es la base pedagógica que más se adapta a nuestras necesidades (Piaget, 1979). Ni la geometría, ni las matemáticas aisladas son arquitectura. De hecho, no hay ninguna materia que de forma aislada lo sea. Ni tampoco toda una tecnología que hoy tenemos a nuestro servicio y que representa la innovación más actual y más transformadora. Necesitamos la mezcla, la interdisciplinariedad, para que de verdad lo sea. Además, si perseguimos resultados satisfactorios, también es preciso contar con elementos que podemos encontrar dentro y fuera de la universidad, como la cultura, la sociología, incluso la mirada subjetiva. Con la mezcla, le damos sentido a las disciplinas, el alumnado puede entender el rol y la importancia de las mismas y estar más motivado para descubrir qué conexiones permiten trazar esa red a la que llamamos arquitectura.

Por tanto, es interesante que el alumnado pueda entender las relaciones entre las diferentes materias, sobre todo cuando hablamos de materias básicas en las que muchas veces se duda de su utilidad. Pero, más interesante todavía es que puedan ir descubriendo esas conexiones por ellos mismos mediante el trabajo autónomo. No se trata de dejarlos solos ante el peligro, sino de acompañarlos e ir dándoles pistas que vayan encauzando el aprendizaje, pero que también deje espacio para el hallazgo y la creatividad. La motivación por el aprendizaje aparece nuevamente, esta vez asociada al trabajo autónomo, produciendo un resultado mucho más eficiente y duradero.

Si a todo esto, le añadimos la diversión, nos aseguramos que además de aprender, se disfrute haciéndolo. Lo que no es divertido, no es sostenible.

3. Instrumentos y metodologías. Desarrollo de la experiencia

La experiencia se desarrolla alrededor de tres ejes: las clases en el aula, el laboratorio informático, y las actividades complementarias.

3.1. Clases en el aula

En las clases en el aula se trabajan los contenidos teóricos sobre curvas y superficies desde el punto de vista de las matemáticas. Son varias las metodologías que se emplean para ello. La clase magistral suele tener muy mala prensa, seguramente porque durante muchos años se ha

abusado de ella, sin embargo, si se utiliza en combinación con otras fórmulas su uso es eficaz en un proceso de enseñanza-aprendizaje (Bain, 2007). Nosotros utilizamos la clase magistral y la combinamos con otras metodologías como la resolución de ejercicios y problemas, juegos, o trabajo en grupo, estas últimas especialmente dirigidas a fomentar el trabajo autónomo del alumnado (Finkel, 2011). Los instrumentos que utilizamos en las clases van desde los más tradicionales como la pizarra y el proyector, a otros más innovadores como los diferentes materiales on-line, el uso de las impresoras 3D, o compartir docencia con otros profesionales (Puchalt, 2012). Las viñetas matemáticas también son un recurso habitualmente empleado y que introduce un toque de humor en las clases (Flores, 2011).

3.2. Laboratorio informático

Una vez presentados los contenidos teóricos sobre curvas y superficies, utilizamos el laboratorio informático para introducir una herramienta que nos facilita su representación: el software Mathematica. Este programa permite representar fácilmente curvas y superficies introduciendo las ecuaciones que las definen. Elegimos este software, disponible en nuestra universidad, por su potencial de representación, su versatilidad y su fácil e intuitivo manejo. Otra característica interesante de este programa es que permite exportar un diseño creado a un formato reproducible por una impresora 3D, por lo que el alumnado puede imprimir sus diseños creados con Mathematica utilizando las impresoras de este tipo que hay en la Escuela. El laboratorio se evalúa mediante un trabajo final cuyo objetivo es que el alumnado sea capaz de integrar los conocimientos de geometría adquiridos en la asignatura de Matemáticas 2 en un proyecto de diseño de formas realizado con el programa Mathematica.

La temática de los objetos a diseñar ha ido cambiando a lo largo de los cursos. Al principio se utilizaba ejemplos más clásicos como el diseño de edificios (Gómez-Collado, 2013a) o esculturas (Gómez-Collado, 2013b). En el curso 2016/17, el trabajo consistió en diseñar una falla, que además posteriormente tenían que construir y quemar (Rivera, 2018). En el curso 2017/2018 fueron objetos cotidianos que elegía el propio alumnado (Rivera, 2019).

Por último, el curso pasado, el trabajo ha consistido en el diseño de las piezas de un ajedrez. La novedad en este caso, además de la temática, es que había que tener en cuenta la funcionalidad asociada al objeto diseñado. Lo que pretendimos fue que el alumnado tratara de deshacerse de la imagen tradicional tan potente de las piezas desde la perspectiva de contraponer función y forma.

El primer paso en la ejecución de un proyecto conlleva la reflexión acerca de esa relación intrínseca entre la función y la forma, dicotomía básica en la concepción de la arquitectura; es decir, considerar un entorno y unas necesidades. Los objetos tienen una configuración y una utilidad; ambas conviven, se superponen, se complementan, no se impone una sobre la otra. Esa vinculación configura la cultura de una sociedad. El diseño debe ser la expresión de esa circunstancia.

Así, volviendo al diseño del ajedrez, una vez la idea está conformada, el siguiente paso es analizar qué ecuaciones identifican las formas para introducirlas en el programa Mathematica. Es aquí donde las matemáticas entran en juego, no meramente como traductoras del lenguaje formal al del programa informático, sino también como variables del diseño. Por ejemplo, las ecuaciones empleadas para definir las curvas y superficies ponen de manifiesto que algunos encuentros, o intersecciones, que podrían proponerse en un boceto previo, no son posibles. O que es necesario desplazar en alguna dirección concreta el centro de la superficie y cuantificar cuánto debe ser ese desplazamiento. También permiten conocer con exactitud cada punto de la superficie, y además, una vez establecido el diseño inicial, posibilitan jugar con los

parámetros que las definen y generar nuevas formas a partir de su variación, obteniendo resultados que en algunas ocasiones escapan de la imaginación y proponen nuevas ideas no previstas.

Aunque Mathematica permite cambiar algunos parámetros de estilo de las formas diseñadas, es más práctico y el acabado es más óptimo si se realiza con otros programas como por ejemplo 3DMax. Mathematica exporta los diseños a diferentes formatos para que puedan ser post-procesados por otros programas, entre los que también se incluye Autocad. Así, es posible exportar a formato de impresora 3D e imprimir las piezas de ajedrez diseñadas utilizando las impresoras de la Escuela.

El trabajo se realiza en grupos de 3 personas, y además del archivo Mathematica en el que se encuentra todo el código empleado en el diseño, también elaboran una presentación para explicar todos los pasos realizados y el resultado obtenido. El trabajo se expone a toda la clase en la última práctica de laboratorio informático. De forma paralela a la evaluación del profesorado hacemos un concurso para que el alumnado vote la mejor propuesta.

3.3. Actividades complementarias

El uso del laboratorio informático ha supuesto una innovación en la enseñanza de las matemáticas que ha permitido, entre otras cosas, viajar desde lo abstracto hasta lo concreto. Sin embargo, hemos querido dar un paso más en esta experiencia. Para ello, intercalando a las clases teóricas y laboratorios, introdujimos una serie de actividades complementarias.

Además de los contenidos propios de la materia matemática, era necesario recurrir a otras disciplinas que nos hablasen de la funcionalidad de las formas. Hasta este punto todas las actividades vienen dirigidas por el profesorado de matemáticas. Es aquí cuando viene la intervención de profesionales de otras disciplinas.

Las actividades complementarias son prácticas que se salen de lo habitual y que por ello podríamos catalogarlas como innovadoras. Durante los cinco años que llevamos trabajando en esta línea, estas actividades han ido cambiando. Empezamos de forma muy ambiciosa proponiendo una actividad transversal que abarcaba alumnado de diferentes cursos y de tres asignaturas diferentes (matemáticas, proyectos y urbanismo) (Domingo, 2013) y de ella obtuvimos buenos resultados, pero también nos dimos cuenta de la necesidad de recurrir a actividades con menos envergadura. A partir de entonces hemos ido realizando actividades más sencillas, pero que en su conjunto nos han proporcionado un catálogo de propuestas que en cada curso pueden ser o no utilizadas en función de las necesidades del mismo. Estas actividades complementarias están orientadas precisamente a la temática (objeto de diseño) que han de realizar en las prácticas de laboratorio (Puchalt 2012, Rivera, 2019). Para no extendernos demasiado comentaremos las que hemos utilizado en el curso 2018/2019.

La primera de las actividades complementarias realizada fue el desarrollo de un seminario para reflexionar sobre la importancia del binomio función-forma. El seminario fue impartido por un arquitecto y en él se explicó el ajedrez diseñado por Josef Hartwig para la Bauhaus en 1923, recogiendo al mismo tiempo los principios básicos de aquella escuela. Esta introducción se complementó con la visita a dos exposiciones en las que la formalización era muy dominante (Miquel Navarro. Fluids, 2018; Alfaro. Laboratorio de formas, 2018).

Además de las exposiciones, también hicimos otras visitas. En Valencia la Ciudad de las Artes y las Ciencias es un auténtico laboratorio de formas cuadradas. Pasear por ella y por el Oceanográfico con profesores de matemáticas y urbanismo o proyectos, aporta a los estudiantes una visión más enriquecedora, la del análisis de formas, la funcionalidad y la

relación con las expresiones matemáticas (Figura 1, izqda.). Observar, por ejemplo, el por qué las formas elipsoidales, generadas a partir de dos focos, están asociadas a los auditorios; o la especularidad de las cubiertas en forma de paraboloides hiperbólicos y la simplificación de su realización por poder ser generadas a partir de rectas, como indica la expresión que las define (Alsina, 2009). Igualmente desmenuzar las consecuencias de las formas sin respaldo funcional, o de la imposición de la forma sobre la función, ayudan a entender las relaciones y sus consecuencias.

También visitamos el centro histórico de Valencia centrándonos en sus pavimentos explicitan la relación existente entre matemáticas y arquitectura (Figura 1, dcha.). El Mercado Central, la Lonja de la Seda o la plaza del Doctor Collado, ofrecen un catálogo de pavimentos que nos permiten dar una peripatética clase de geometría en la que el uso de polígonos para teselar el suelo viene condicionado por la funcionalidad que se le quiera dar y la posibilidad de encajar los polígonos sin que haya superposiciones ni huecos (Rivera, 2016). Así, si queremos pavimentar el suelo con polígonos regulares solo existen tres posibilidades: triángulos equiláteros, cuadrados y hexágonos. La razón es sencilla, los ángulos internos de los polígonos que confluyen en un vértice debe sumar 360° , y solo los polígonos mencionados cuentan con un ángulo que al multiplicarlo por un entero da 360° . La teselación con los polígonos regulares es la más simple y lógica de deducir, pero damos un paso más analizando también semi-regulares e irregulares, que complican y enriquecen el juego. Relacionando las matemáticas con la funcionalidad, observamos que el hexágono es el polígono más óptimo para teselar desde un punto de vista matemático, no obstante, viendo los encuentros del pavimento hexagonal con las trapas cuadradas de las infraestructuras, nos damos cuenta de los desajustes evidentes que, sin embargo, el pavimento cuadrado no tiene.



Figura 1. Fotografías realizadas en el curso 2018/2019 durante las visitas a la Ciudad de las Artes y las Ciencias (izquierda) y la Lonja de la seda (derecha) de Valencia

Dentro de la Escuela, realizamos talleres que nos permiten construir nosotros mismos estas formas que hemos visto durante las visitas. Utilizamos cartulina para la creación de maquetas de superficies cuádricas. Como se puede ver en la Figura 2 estas cuádricas están construidas a partir de sus secciones. Este punto es especialmente interesante para la relación entre la expresión matemática de una superficie y su forma. Si al seccionar una superficie con un plano obtenemos una determinada curva, entonces cuando hagamos esto analíticamente debe aparecer lo mismo. Un ejemplo sencillo es el de la esfera de la Figura 2 que está seccionada con planos paralelos a los ejes coordenados y se aprecian circunferencias. Analíticamente, utilizando la ecuación de la esfera centrada en el origen de coordenadas y de radio R que es:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \quad (1)$$

El seccionarla con planos paralelos a los ejes coordenados, como por ejemplo $z = r$ siendo $r < R$, consistiría en sustituir en la ecuación (1) el valor $z = r$, con lo que obtenemos:

$$x^2 + y^2 = (R^2 - r^2) \quad (2)$$

que es precisamente ecuación de una circunferencia de radio $\sqrt{R^2 - r^2}$. Al hacer el mismo proceso con todas las cuádricas se observa cómo se van obteniendo las ecuaciones de las diferentes curvas que aparecen como resultado de seccionar la superficie con planos paralelos a los planos coordenados. Especial interés tienen las superficies regladas, como el paraboloides hiperbólico, en el que quizá menos intuitivo apreciar ese origen a partir de rectas.

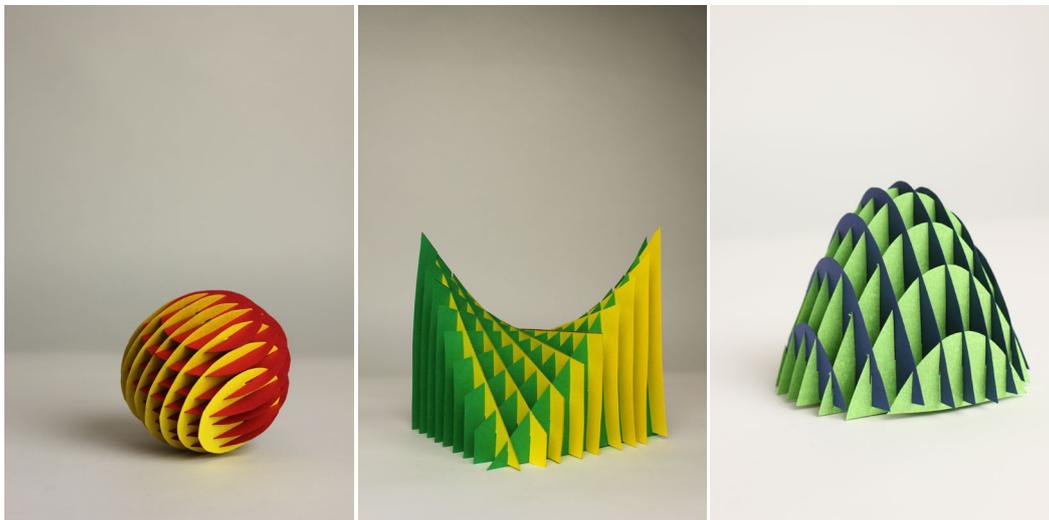


Figura 2. Fotografías de algunas de las maquetas utilizadas para el taller de cuádricas

4. Resultados

La evaluación de Matemáticas 2 se distribuye en un 80% de la nota en base a dos nivelaciones en las que se realiza pruebas escrita de respuesta abierta, y un 20% asociado a las prácticas. La experiencia que hemos mencionado está enmarcada en este 20%. Concretamente, un 15% está asociado a la evaluación del laboratorio informático (trabajo y las prácticas realizadas durante el laboratorio) y el 5% restante a la participación en alguna de las actividades complementarias. Las actividades que no se pueden realizar en horario de clase, son totalmente voluntarias y no penalizan en la evaluación.

Las evidencias que tenemos para la evaluación del 20% de prácticas son: 1) los archivos que nos envían correspondientes a la elaboración del trabajo de laboratorio y su presentación, 2) las actividades realizadas durante la práctica del laboratorio informático que deben entregar al finalizar (se realizan 5 prácticas), y 3) los informes que elaboran tras las actividades complementarias. En el curso 2018/2019 se realizaron 6 actividades, 3 de ellas en horario lectivo, por lo que solo se exige la entrega de 3 informes (de cualquiera de las actividades) para poder obtener el 5% mencionado.

Estas evidencias nos permiten evaluar la calidad de los trabajos. Por otro lado, la asistencia regular a clase y a prácticas nos da información del seguimiento del alumnado. Por último, los informes de las actividades complementarias nos dan ofrece una valoración de su repercusión en el resto de la asignatura. A esto, se añade que también disponemos de las notas de las nivelaciones y la global de la asignatura.

Como los objetivos de la experiencia están focalizados en aumentar la motivación, rendimiento y seguimiento de la asignatura por parte del alumnado, nuestro análisis de los resultados se centra en estos aspectos.

4.1. Asistencia y seguimiento de la asignatura

El número de alumnos y alumnas objeto de la experiencia fueron 76. Según la asistencia del alumnado a clases, prácticas y actividades, hemos diferenciado cinco grupos:

- A: asistencia únicamente a las prácticas de laboratorio informático (es obligatoria la asistencia a un 80% de las mismas).
- B: asistencia a las prácticas de laboratorio informático, menos de 75% de asistencia a las clases en el aula, y participación en menos de 3 actividades complementarias.
- C: asistencia a las prácticas de laboratorio informático, menos de 75% de asistencia a las clases en el aula, y participación en más de 3 actividades complementarias.
- D: asistencia a las prácticas de laboratorio informático, más de 75% de asistencia a las clases en el aula, y participación en menos de 3 actividades complementarias.
- E: asistencia a las prácticas de laboratorio informático, más de 75% de asistencia a las clases en el aula, y participación en más de 3 actividades complementarias.

En la Figura 3 se puede ver cómo se distribuyen los alumnos y alumnas en los diferentes grupos considerados. Lo más significativo que se extrae del gráfico es que un 80% del alumnado asistió a las clases con cierta regularidad (más del 75% de las clases), y que el 90% de estos realizaron más de tres actividades complementarias. Es decir, que aquellos que acudían regularmente a clase, también se implicaban en las actividades complementarias. Sin embargo, ninguno de los alumnos que asistían poco a clase hicieron las actividades complementarias; por ello, no hay nadie en el grupo C. Como dato adicional al gráfico, señalar que el 90% de las ausencias del alumnado de los grupos D y E se producen en las proximidades de entregas de otras asignaturas como proyectos y urbanismo, por lo que se secuencializan a mitad y final del cuatrimestre. No podemos comparar con la asistencia en los otros grupos que no han realizado la experiencia porque no tenemos datos, aunque sí tenemos referencias de la baja asistencia en el último tramo del curso. Si comparamos con cursos anteriores, podemos decir que en los últimos 5 años desde que pusimos en marcha esta dinámica, la asistencia ha aumentado en un 15%.

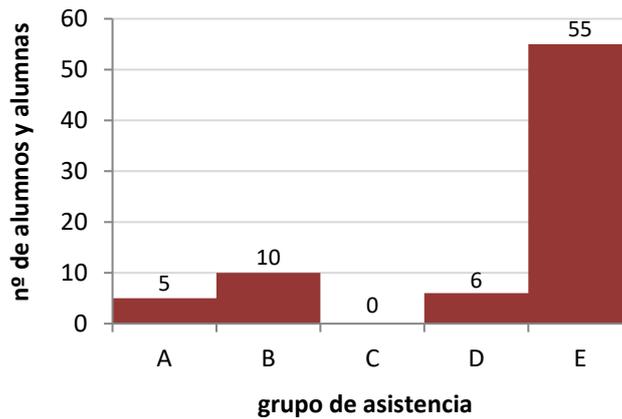


Figura 3. Gráfico que muestra la distribución del alumnado en los cinco grupos de asistencia definidos

4.2. Calificaciones

En la Figura 4 se aprecia la nota media del alumnado de cada grupo considerado en el apartado anterior. Hemos eliminado el grupo C porque no tenía ningún alumno. En el gráfico la línea naranja hace referencia a la nota de prácticas y la azul a la nota global de la asignatura. En todos los grupos la nota de prácticas es superior a la de la asignatura. Esta tendencia se mantiene también en los cursos anteriores. Como se observa en la Figura 4, los grupos con un menor nivel de ausencias presentan unas mejores calificaciones, que además aumentan sustancialmente con la implicación en las actividades complementarias. De hecho, la media del grupo E que representa al 80% del alumnado es de un 8.8 (prácticas) y 7.8 (global) lo que supone un buen rendimiento del alumnado.

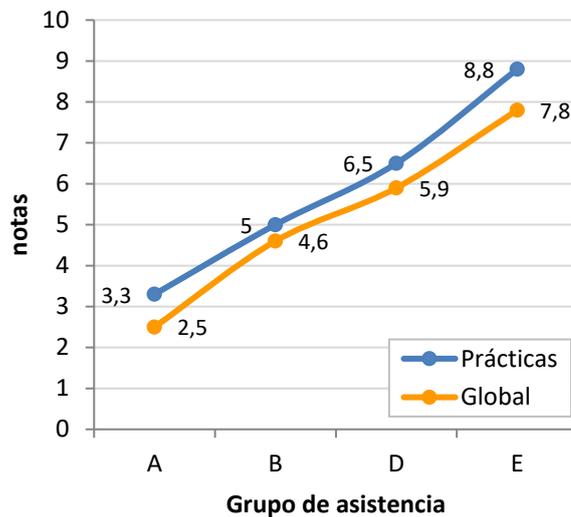


Figura 4. Gráfico que muestra las notas medias globales de la asignatura y de prácticas para los grupos de asistencia definidos

4.3. Trabajos del laboratorio informático e informes de las actividades complementarias

En los informes recibidos de las actividades complementarias el alumnado comentaba la actividad y hacía una valoración de la misma. Del análisis global de todas ellas se deriva un 97% de valoraciones positivas, frente a un 3% de valoraciones negativas, con una proporción muy similar para cada una de las actividades.

Por otro lado, en las Figuras 5 y 6 mostramos imágenes de algunos de los diseños realizados en el laboratorio informático. Dentro del diseño clásico de un ajedrez, la tradición ha impuesto de una manera radical la formalización de las piezas (salvo el caballo) como elementos generados por la rotación de una determinada línea alrededor de un eje prestablecido. De esta formalización se deduce una planta circular de las piezas que facilita su situación en el tablero sin parte delantera ni trasera. La Figura 5 muestra uno de los diseños realizados por un equipo en el que han ido más allá y han incorporado una función añadida, la estabilidad, proponiendo una formalización que impide el vuelco de las piezas. En la Figura 6 se ve otro diseño que lleva la formalización de las piezas hasta la mesa de juego.

Como resultado adicional, mencionar que en las encuestas oficiales de la Universidad el alumnado puntuó con sobresaliente al profesorado que ha llevado a cabo esta experiencia.



Figura 5. Diseño de ajedrez en el que las bases de las piezas son secciones esféricas evitando el vuelco

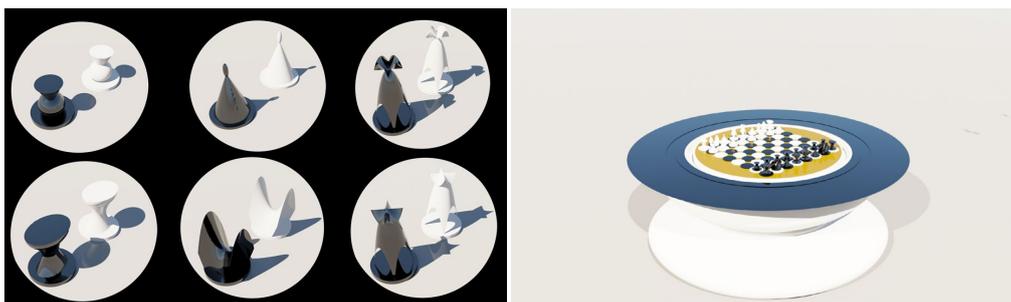


Figura 6. Diseño de ajedrez en el que la formalización de las piezas se extiende hasta la mesa de juego

5. Conclusión

En base al objetivo propuesto, podemos decir que la experiencia ha conseguido aumentar la motivación y participación del alumnado, así como en la calidad de sus trabajos.

Dentro de la intención de poner las matemáticas en un plano diferente, trabajamos con contenidos nuevos y clásicos, metodologías tradicionales e innovadoras. No hay que desterrar lo que funciona solo porque sea conocido, aunque es necesario seguir buscando y contrastando nuevas fórmulas que mejoren la situación actual.

Entendemos que la mezcla produce un efecto positivo que zarandea la visión con la que el alumnado acude a clase. La novedad, el descubrimiento de otra mirada diferente, la sorpresa, se convierten en estímulos que repercuten en el rendimiento, en el aprendizaje y en la implicación del grupo.

Si el aprendizaje se convierte en duradero y polivalente, habremos conseguido los objetivos planteados.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Departamento de Matemática Aplicada de la Universitat Politècnica de València (PID-DMA 2019).

7. Bibliografía

ALSINA, C. (2009). "Geometría para turistas". Ed. Ariel. Barcelona.

BAIN, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Ed. Universitat de València.

DOMINGO, D., RIVERA, R. y TRUJILLO, M. (2013). "Matemáticas+Arquitectura+Urbanismo =mau.mau". en *2º Congreso Nacional sobre la Enseñanza de las Matemáticas en Ingeniería de Edificación (EMIE)*. Publicación con ISBN : 978-84-8363-992-4.

FINKEL, D. (2011). *Dar clase con la boca cerrada*. Ed. Universitat de València.

FLORES, P. y MORENO, A. J. (2011). *Matemáticamente competentes para reír*. Ed. Grao. Barcelona.

FUNDACIÓN BANCAJA. Miquel Navarro. Fluids.

<<https://www.fundacionbancaja.es/cultura/exposiciones/miquel-navarro-fluids.aspx>> [Consulta: 19 de mayo de 2019]

FUNDACIÓN BANCAJA. Alfaro. Laboratorio de formas escultóricas.

<<https://www.fundacionbancaja.es/cultura/exposiciones/alfaro-laboratorio-de-formas-escultoricas.aspx>> [Consulta: 19 de mayo de 2019]

GOMEZ-COLLADO, M.C., PUCHALT, J., SARRIÓ, J. y TRUJILLO, M. (2013a). "Diseño en arquitectura y modelización matemática", en *Modelling in Science Education and Learning*, 6(2):44-50.

GOMEZ-COLLADO, M.C., PUCHALT, J., SARRIÓ, J. y TRUJILLO, M. (2013b). "Modelización de esculturas en la enseñanza de las matemáticas", en *Modelling in Science Education and Learning*, 6(2) 33-42.

PIAGET, J. (1979). *La epistemología de las relaciones interdisciplinarias*. En: Apostel L., Bergerr G., Brigg A., y Michaud G. Interdisciplinariedad. Problemas de la enseñanza y de la Investigación en las Universidades. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.

PUCHALT, J. y TRUJILLO, M. (2012). "¿Hay alguien ahí?" *Jornada ICE 2012 de Innovación Educativa* ISBN: 978-84-8363-926-9, Valencia.

RIVERA, R. y TRUJILLO, M. (2016). "Matemáticas urbanas". *SUMA*. 6(2):33-42.

RIVERA, R. y TRUJILLO, M. (2018). "Matemáticas, Modernidad y Fallas", en *Pensamiento Matemático* 8(2):81-9.

RIVERA, R. y TRUJILLO, M. (2019). "Objetos con matemáticas. Función con forma", en *Pensamiento Matemático*. 9(1):185-92.