

JIDA'22

X JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'22

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'22

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE REUS
17 Y 18 DE NOVIEMBRE DE 2022



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) de la **Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC)**

Editores

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

Revisión de textos

Alba Arboix Alió, Jordi Franquesa, Joan Moreno Sanz, Judit Taberna Torres

Edita

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

ISBN 978-84-9880-551-2 (IDP-UPC)

eISSN 2462-571X

© de los textos y las imágenes: los autores

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



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):

<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/3.0/es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Comité Organizador JIDA'22

Dirección y edición

Berta Bardí-Milà (UPC)

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

Daniel García-Escudero (UPC)

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

Organización

Manuel Bailo Esteve (URV)

Dr. Arquitecto, EAR-URV

Jordi Franquesa (UPC)

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

Arturo Frediani Sarfati (URV)

Dr. Arquitecto, EAR-URV

Mariona Genís Vinyals (URV, UVic-UCC)

Dra. Arquitecta, EAR-URV y BAU Centre Universitari de Disseny UVic-UCC

Joan Moreno Sanz (UPC)

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

Judit Taberna Torres (UPC)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Coordinación

Alba Arboix Alió (UPC, UB)

Dra. Arquitecta, Teoría e Historia de la Arquitectura y Técnicas de la Comunicación, ETSAB-UPC, y Departament d'Arts Visuals i Disseny, UB

Comité Científico JIDA'22

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Lara Alcaina Pozo

Arquitecta, EAR-URV

Atxu Amann Alcocer

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Javier Arias Madero

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSAVA-UVA

Irma Arribas Pérez

Dra. Arquitecta, ETSALS

Enrique Manuel Blanco Lorenzo

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, Urbanismo y Composición, ETSAC-UdC

Francisco Javier Castellano-Pulido

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, eAM'-UMA

Raúl Castellanos Gómez

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Nuria Castilla Cabanes

Dra. Arquitecta, Construcciones arquitectónicas, ETSA-UPV

David Caralt

Arquitecto, Universidad San Sebastián, Chile

Rodrigo Carbajal Ballell

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Eva Crespo

Dra. Arquitecta, Tecnología de la Arquitectura, ETSAB-UPC

Còssima Cornadó Bardón

Dra. Arquitecta, Tecnología de la Arquitectura, ETSAB-UPC

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Carmen Díez Medina

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

Déborra Domingo Calabuig

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Sagrario Fernández Raga

Dra. Arquitecta, Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos, ETSAVA-UVA

Nieves Fernández Villalobos

Dra. Arquitecta, Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos, EII-UVA y ETSAVA-UVA

Noelia Galván Desvaux

Dra. Arquitecta, Urbanismo y Representación de la Arquitectura, ETSAVA-UVA

Pedro García Martínez

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

Arianna Guardiola Víllora

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

Miguel Guitart

Dr. Arquitecto, Department of Architecture, University at Buffalo, State University of New York

David Hernández Falagán

Dr. Arquitecto, Teoría e historia de la arquitectura y técnicas de comunicación, ETSAB-UPC

José M^a Jové Sandoval

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

Íñigo Lizundia Uranga

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

Carlos Labarta

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Emma López Bahut

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

Alfredo Llorente Álvarez

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánicas de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSAVA-UVA

Carlos Marmolejo Duarte

Dr. Arquitecto, Gestión y Valoración Urbana, ETSAB-UPC

María Dolors Martínez Santafe

Dra. Física, Departamento de Física, ETSAB-UPC

Javier Monclús Fraga

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

Zaida Muxí Martínez

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

David Navarro Moreno

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

Olatz Ocerin Ibáñez

Arquitecta, Dra. Filosofía, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

Roger Paez

Dr. Arquitecto, Elisava Facultat de Disseny i Enginyeria, UVic-UCC

Andrea Parga Vázquez

Dra. Arquitecta, Expresión gráfica, Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica, FNB-UPC

Oriol Pons Valladares

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

Amadeo Ramos Carranza

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Jorge Ramos Jular

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

Ernest Redondo

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Silvana Rodrigues de Oliveira

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Carlos Rodríguez Fernández

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

Anna Royo Bareng

Arquitecta, EAR-URV

Jaume Roset Calzada

Dr. Físico, Física Aplicada, ETSAB-UPC

Borja Ruiz-Apilánez Corrochano

Dr. Arquitecto, UyOT, Ingeniería Civil y de la Edificación, EAT-UCLM

Patricia Sabín Díaz

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

Luis Santos y Ganges

Dr. Urbanista, Urbanismo y Representación de la Arquitectura, ETSAVA-UVA

Carla Sentieri Omarrementeria

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Josep Maria Solé Gras

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, EAR-URV

Koldo Telleria Andueza

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSA EHU-UPV

Ramon Torres Herrera

Dr. Físico, Departamento de Física, ETSAB-UPC

Francesc Valls Dalmau

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

José Vela Castillo

Dr. Arquitecto, Culture and Theory in Architecture and Idea and Form, IE School of Architecture and Design, IE University, Segovia

Isabel Zaragoza de Pedro

Dra. Arquitecta, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

ÍNDICE

1. **Taller integrado: gemelos digitales y fabricación a escala natural. *Integrated workshop: Digital twins and full-scale fabrication.*** Estepa Rubio, Antonio; Elía García, Santiago.
2. **Acercamiento al ejercicio profesional a través de visitas a obras de arquitectura y entornos inmersivos. *Approach to the professional exercise through visits to architectural works and virtual reality models.*** Gómez-Muñoz, Gloria; Sánchez-Aparicio, Luis Javier; Armengot Paradinas, Jaime; Sánchez-Guevara-Sánchez, Carmen.
3. **El levantamiento urbano morfotipológico como experiencia docente. *Morphotypological survey as a teaching experience.*** Cortellaro, Stefano; Pesoa, Melisa; Sabaté, Joaquín.
4. **Dibujando el espacio: modelos de aprendizaje colaborativo para alumnos y profesores. *Drawing the space: collaborative learning models for students and teachers.*** Salgado de la Rosa, María Asunción; Raposo Grau, Javier Fco; Butragueño Díaz-Guerra, Belén.
5. **Enseñanza de la iluminación: metodología de aprendizaje basado en proyectos. *Teaching lighting: project-based learning methodology.*** Bilbao-Villa, Ainara; Muros Alcojor, Adrián.
6. **Rituales culinarios: una investigación virtual piloto para una pedagogía emocional. *Culinary rituals: a virtual pilot investigation for an emotional pedagogy.*** Sánchez-Llorens, Mara; Garrido-López, Fermina; Huarte, M^a Jesús.
7. **Redes verticales docentes en Proyectos Arquitectónicos: Arquitectura y Agua. *Vertical networks in Architectural Projects: Architecture and Water.*** De la Cova-Morillo Velarde, Miguel A.
8. **A(t)BP: aprendizaje técnico basado en proyectos. *PB(t)L: project based technology learning.*** Bertol-Gros, Ana; Álvarez-Atarés, Francisco Javier.
9. **De vuelta al pueblo: el Erasmus rural. *Back to the village: Rural Erasmus.*** Marín-Gavín, Sixto; Bambó-Naya, Raimundo.
10. **El libro de artista como vehículo de la emoción del proyecto arquitectónico. *The artist's book as a vehicle for the emotion of the architectural project.*** Martínez-Gutiérrez, Raquel; Sardá-Sánchez, Raquel.

11. **SIG y mejora energética de un grupo de viviendas: una propuesta de transformación a nZEB. *GIS and the energy improvement of dwellings: a proposal for transformation to nZEB.*** Ruiz-Varona, Ana; García-Ballano, Claudio Javier; Malpica-García, María José.
12. **“Volver al pueblo”: reuso de edificaciones en el medio rural aragonés. *“Back to rural living”: reuse of buildings in the rural environment of Aragón.*** Gómez Navarro, Belén.
13. **Pedagogía de la construcción: combinación de técnicas de aprendizaje. *Teaching construction: combination of learning techniques.*** Barbero-Barrera, María del Mar; Sánchez-Aparicio, Luis Javier; Gayoso Heredia, Marta.
14. **BIM en el Grado en Fundamentos de Arquitectura: encuestas y resultados 2018-2021. *BIM Methodology in Bachelor’s Degree in Architecture: surveys and results 2018-2021.*** Uranga-Santamaria, Eneko Jokin; León-Cascante, Iñigo; Azcona-Uribe, Leire; Rodríguez-Oyarbide, Itziar.
15. **Los concursos para estudiantes: análisis de los resultados desde una perspectiva de género. *Contests for students: analysis of results from a gender perspective.*** Camino-Olea, M^a Soledad; Alonso-García, Eusebio; Bellido-Pla, Rosa; Cabeza-Prieto, Alejandro.
16. **Una experiencia de aprendizaje en un máster arquitectónico basada en un proyecto al servicio de la comunidad. *A learning master’s degree experience based on a project at the service of the community.*** Zamora-Mestre, Joan-Lluís; Serra-Fabregà, Raül.
17. **La casa que habito. *The house I live in.*** Pérez-García, Diego; Loyola-Lizama, Ignacio.
18. **Observación y crítica: sobre un punto de partida en el aprendizaje de Proyectos. *Observation and critique: about a starting point in the learning of Projects.*** López-Sánchez, Marina; Merino-del Río, Rebeca; Vicente-Gilabert, Cristina.
19. **STARq (semana de tecnología en arquitectura): taller ABP que trasciende fronteras. *STARq (technology in architecture Week’s): PBL workshop that transcends borders.*** Rodríguez Rodríguez, Lizeth; Muros Alcojor, Adrián; Carelli, Julian.
20. **Simulacros para la reactivación territorial y la redensificación urbana. *Simulation for the territorial reactivation and the urban redensification.*** Grau-Valldosera, Ferran; Santacana-Portella, Francesc; Tiñena-Ramos, Arnau; Zaguire-Fernández, Juan Manuel.
21. **Tocar la arquitectura. *Play architecture.*** Daumal-Domènech, Francesc.

22. **Construyendo aprendizajes desde el conocimiento del cerebro. *Building learnings from brain knowledge***. Ros-Martín, Irene.
23. **Murales para hogares de acogida: una experiencia de ApS, PBL y docencia integrada. *Murals for foster homes: an experience of ApS, PBL and integrated teaching***. Villanueva Fernández, María; García-Diego Villarias, Héctor; Cidoncha Pérez, Antonio; Goñi Castañón, Francisco Xabier
24. **Hacia adentro. *Inwards***. Capomaggi, Julia
25. **Comunicación y dibujo: experiencia de un modelo de aprendizaje autónomo. *Communication and Drawing: experimenting with an Autonomous Learner Model***. González-Gracia, Elena; Pinto Puerto, Francisco.
26. **Inmunoterapias costeras: aprendizaje a través de la investigación. *Coastal Immunotherapies***. Alonso-Rohner, Evelyn; Sosa Díaz-Saavedra, José Antonio; García Sánchez, Héctor
27. **Taller Integrado: articulando práctica y teoría desde una apuesta curricular. *Integrated Studio: articulating practice and theory from the curricular structure***. Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Barrientos-Díaz, Macarena.
28. **Atmósfera de resultados cualitativos sobre el aprendizaje por competencias en España. *Atmosphere of qualitative results on competency-based learning in Spain***. Santalla-Blanco, Luis Manuel.
29. **La universidad en la calle: el Taller Integral de Arquitectura Autogobierno (1973-1985). *University in the streets: the Self-Government Architecture Integral Studio (1973-1985)***. Martín López, Lucía; Durán López, Rodrigo.
30. **Metodologías activas en el urbanismo: de las aulas universitarias a la intervención urbana. *Active methodologies in urban planning: from university classrooms to urban intervention***. Córdoba Hernández, Rafael; Román López, Emilia.
31. **Inteligencia colaborativa y realidad extendida: nuevas estrategias de visualización. *Collaborative Intelligence and Extended Reality: new display strategies***. Galleguillos-Negrón, Valentina; Mazarini-Watts, Piero; Quintanilla-Chala, José.
32. **Espacios para la innovación docente: la arquitectura educa. *Spaces for teaching innovation: Architecture educates***. Ventura-Blanch, Ferran; Salas Martín, Nerea.
33. **El futuro de la digitalización: integrando conocimientos gracias a los alumnos internos. *The future of digitization: integrating knowledge thanks to internal students***. Berroguí-Morrás, Diego; Hernández-Aldaz, Marta; Idoate-Zapata, Marta; Zhan, Junjie.

34. **La geometría de las letras: proyecto integrado en primer curso de arquitectura.**
The geometry of the words: integrated project in the first course of architecture. Salazar Lozano, María del Pilar; Alonso Pedrero, Fernando Manuel.
35. **Cartografía colaborativa de los espacios para los cuidados en la ciudad.**
Collaborative mapping of care spaces in the city. España-Naveira, Paloma; Morales-Soler, Eva; Blanco-López, Ángel.
36. **Las extensiones del cuerpo. *Body extensions.*** Pérez Sánchez, Joaquín; Farreny-Moranchó, Jaume; Ferré-Pueyo, Gemma; Toldrà-Domingo, Josep Maria.
37. **Aprendizaje transversal: una arquitectura de coexistencia entre lo antrópico y lo biótico.** *Transversal learning: an architecture of coexistence between the anthropic and the biotic.* García-Triviño, Francisco; Otegui-Vicens, Idoia.
38. **El papel de la arquitectura en el diseño urbano eficiente: inicio a la reflexión crítica.** *The architecture role in the efficient urban design: a first step to the guided reflection.* Díaz-Borrego, Julia; López-Lovillo, Remedios María; Romero-Gómez, María Isabel, Aguilar-Carrasco, María Teresa.
39. **¿Cuánto mide? Una experiencia reflexiva previa como inicio de los estudios de arquitectura.** *How much does it measure? A previous thoughtful experience as the beginning of architecture studies.* Galera-Rodríguez, Andrés; González-Gracia, Elena; Cabezas-García, Gracia.
40. **El collage como medio de expresión gráfico plástico ante los bloqueos creativos.** *Collage as a means of graphic-plastic expression in the face of creative blockages.* Cabezas-García, Gracia; Galera-Rodríguez, Andrés.
41. **Fenomenografías arquitectónicas: el diseño de cajas impregnadas de afectividad.** *Architectural phenomenographies: the design of impregnated boxes with affectivity.* Ríos-Vizcarra, Gonzalo; Aguayo-Muñoz, Amaro; Calcino-Cáceres, María Alejandra; Villanueva-Paredes, Karen.
42. **Aprendizaje arquitectónico en tiempos de emergencia: ideas para una movilidad post-Covid.** *Architectural learning in emergency times: ideas for a post-Covid mobility plan.* De Manuel-Jerez, Esteban; Andrades Borrás, Mercedes; Rueda Barroso, Sergio; Villanueva Molina, Isabel M^a.
43. **Experiencia docente conectada en Taller de Proyectos: “pensar con las manos”.** *Teaching Experience Related with Workshop of Projects: “Thinking with the Hands”.* Rivera-Rogel, Alicia; Cuadrado-Torres, Holger.
44. **Laboratorio de Elementos: aprendiendo de la disección de la arquitectura.** *Laboratory of Elements: learning from the dissection of architecture.* Escobar-Contreras, Patricio; Jara-Venegas, Ana; Moraga-Herrera, Nicolás; Ortega-Torres, Patricio.

45. **SEPs: una experiencia de Aprendizaje y Servicio en materia de pobreza energética de verano. *SEPs: a Summer Energy Poverty Service-Learning experience.*** Torrego-Gómez, Daniela; Gayoso-Heredía, Marta; Núñez-Peiró, Miguel; Sánchez-Guevara, Carmen.
46. **La madera (del material al territorio): docencia vinculada con el medio. *Timber (from material to the territory): environmental-related teaching.*** Jara-Venegas, Ana Eugenia; Prado-Lamas, Tomás.
47. **Resignificando espacios urbanos invisibles: invisibilizados mediante proyectos de ApS. *Resignifying invisible: invisibilised urban spaces through Service Learning Projects.*** Belo-Ravara, Pedro; Núñez-Martí, Paz; Lima-Gaspar, Pedro.
48. **En femenino: otro relato del arte para arquitectos. *In feminine: another history of art for architects.*** Flores-Soto, José Antonio.
49. **AppQuitectura: aplicación móvil para la gamificación en el área de Composición Arquitectónica. *AppQuitectura: Mobile application for the gamification in Architectural Composition.*** Soler-Montellano, Agatángelo; Cobeta-Gutiérrez, Íñigo; Flores-Soto, José Antonio; Sánchez-Carrasco, Laura.
50. **AppQuitectura: primeros resultados y próximos retos. *AppQuitectura: initial results and next challenges.*** Soler-Montellano, Agatángelo; García-Carbonero, Marta; Mayor-Márquez, Jesús; Esteban-Maluenda, Ana.
51. **Método Sympoiesis con la fabricación robótica: prototipaje colectivo en la experiencia docente. *Sympoiesis method for robotic fabrication: collectively prototyping in architecture education.*** Mayor-Luque, Ricardo.
52. **Feeling (at) Home: construir un hogar en nuevos fragmentos urbanos. *Feeling (at) Home: Building a Home in New Urban Fragments.*** Casais-Pérez, Nuria
53. **Bienestar en torno a parques: tópicos multidisciplinares entre arquitectura y medicina. *Well-being around parks: multidisciplinary topics between architecture and medicine.*** Bustamante-Bustamante, Teresita; Reyes-Busch, Marcelo; Saavedra-Valenzuela, Ignacio.
54. **Mapping como herramienta de pensamiento visual para la toma de decisiones proyectuales. *Mapping as a visual thinking tool for design project decision.*** Fonseca-Alvarado, Maritza-Carolina; Vodanovic-Undurraga, Drago; Gutierrez-Astete, Gonzalo.
55. **Mejora de las destrezas profesionales en el proyecto de estructuras del Máster habilitante. *Improving professional skills in structural design for the qualifying Master's degree.*** Perez-Garcia, Agustín.

56. **La investigación narrativa como forma de investigación del taller de proyectos.**
Narrative inquiry as a form of research of the design studio.
Uribe-Lemarie, Natalia.

57. **Taller vertical social: ejercicio didáctico colectivo en la apropiación del espacio público.** *Vertical social workshop: collective didactic exercise in the appropriation of public space.* Lobato-Valdespino, Juan Carlos; Flores-Romero, Jorge Humberto.

58. **Superorganismo: mutaciones en el proceso proyectual.** *Superorganism: mutations in the design process.* López-Frasca, Stella; Soriano, Federico; Castillo, Ana Laura.

59. **Cartografías enhebradas: resiguiendo la cuenca del Ebro contracorriente.**
Threaded cartographies: following the Ebro basin against the current.
Tiñena Ramos, Arnau; Solans Ibáñez, Indibil; López Frasca, Stella

Taller integrado: gemelos digitales y fabricación a escala natural

Integrated workshop: Digital twins and full-scale fabrication

Estepa Rubio, Antonio; Elía García, Santiago

Escuela de Arquitectura y Tencología, Universidad San Jorge, España, aestepa@usj.es; selia@usj.es

Abstract

In this paper we present a pedagogical practice carried out, transversally, between several subjects of the first year of the Degrees in Architecture and Digital Design and Creative Technologies throughout the second semester. This work has been repeated two years in a row to draw accurate conclusions. There are two global objectives sought. First; use digital tools to determine the conditions linked to the design, learning along the way the specific peculiarities of the computer programs with which it has been operated. The second; overcome the barrier of graphical planning through the construction of an original full-scale prototype, with which students understand the situations derived from the design at the time of manufacture, for this example, according to the restrictions of use of cardboard.

Keywords: design, technology, creativity, architecture, manufacturing.

Thematic areas: design, virtual classroom, design/build.

Resumen

En este artículo presentamos una práctica pedagógica llevada a cabo, de forma transversal, entre varias materias del primer curso de los Grados en Arquitectura y Diseño Digital y Tecnologías Creativas a lo largo del segundo semestre. Este trabajo se ha repedido dos años seguidos para, de forma más certera, extraer conclusiones verosímiles. Son dos los objetivos globales pretendidos. El primero; utilizar herramientas digitales para determinar las condiciones vinculadas al diseño, aprendiendo a lo largo del camino las singularidades específicas de los programas informáticos con los que se ha operado. El segundo; superar la barrera de la planificación gráfica a través de la construcción de un prototipo original a escala natural, con lo que se consigue que los estudiantes comprendan las situaciones derivadas del diseño en el momento de la fabricación, para el caso que nos ocupa, ciñéndose a las restricciones que implica el uso de cartón.

Palabras clave: diseño, tecnología, creatividad, arquitectura, fabricación.

Bloques temáticos: diseño, aula virtual, design/build.

1. Marco teórico

En el ocaso del segundo semestre del primer curso, superada ya la fase en la que se ha de mirar el trabajo desarrollado por otros, por los maestros, nos adentramos en un ámbito de desempeño en donde, ahora, toca proponer.

Para incidir sobre este concepto, hemos planteado un ejercicio conjunto entre dos titulaciones que, por similitud y hermanamiento, comparten intereses y procedimientos pedagógicos (Diego y Estepa, 2015). Nos referimos al *Grado en Arquitectura* y al *Grado en Diseño Digital y Tecnologías Creativas*.

En el desarrollo del ejercicio se ha involucrado horizontalmente a dos materias del primer curso de cada una de ellas; por un lado, *Herramientas Digitales* y *Análisis de Formas II* del *Grado en Arquitectura*, por otro, *Herramientas Digitales para la Información y la Comunicación* y *Análisis e Ideación II* del *Grado en Diseño Digital y Tecnologías Creativas*.

Este trabajo versó sobre el estudio y desarrollo de un elemento de mobiliario de uso doméstico para su posterior construcción en cartón a escala 1:1. Con lo cual, profundizamos sobre el entendimiento del proceso creativo en su interacción con la forma y la materia; si bien, generando previamente una labor de aproximación paralela, estricta y exigente, fundamentada en el desarrollo de gemelos digitales (Ganz, 2018).

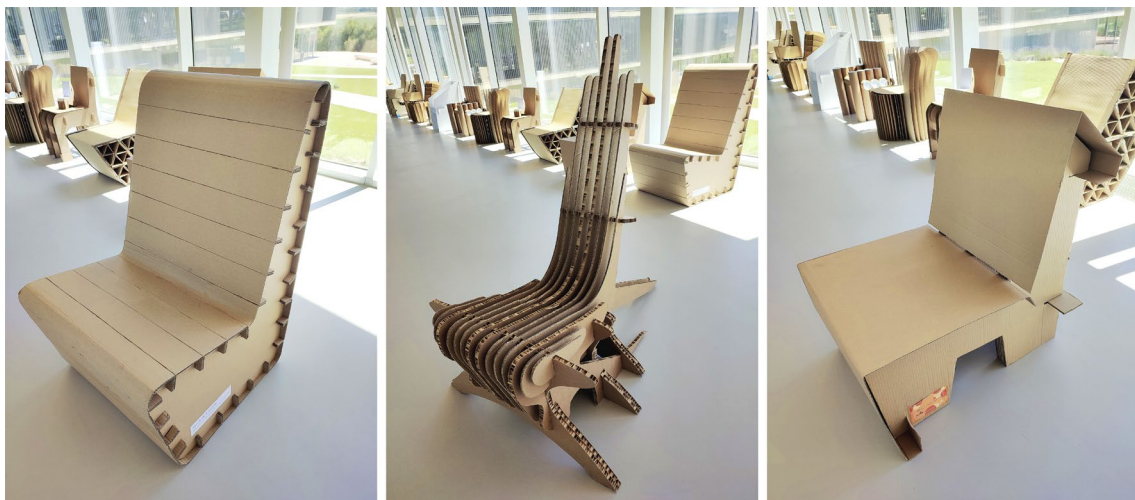


Fig. 1 Prototipos a escala natural trabajados en el taller. Fuente: material original de varios estudiantes (2022)

Intervenimos sobre materias de naturaleza propedéutica, esto es, asignaturas que persiguen la iniciación sobre temáticas que, en materias de cursos posteriores, serán desarrolladas con mayor profundidad y detalle. En este sentido, el valor aproximativo con el que se ha planificado esta práctica experimental, sin lugar a dudas, abre múltiples campos de reflexión que, de forma natural, convergen cuando se planifica un diseño y posteriormente se ejecuta.

Los estudiantes del primer curso del grado en Arquitectura, en tanto que aún no han acumulado conocimientos suficientes, no pueden implementar de manera solvente tecnologías BIM. Se abre ahí un interesante campo de reflexión en referencia a las controversias que surgen entre las posibilidades de desarrollo asociadas al empleo de tecnologías digitales y, como contrapunto, las oportunidades que derivan del trabajo manual (Trachana, 2012). De manera equivalente, el primer nivel del grado en DDTC no es aún un buen escenario en donde hacer uso de procedimientos CAM. Por ello, para ejercer un control férreo sobre el diseño, decidimos trabajar con gemelos digitales, resueltos en coordinación con la materia de Herramientas Digitales.

El gemelo digital es un pre-prototipo que permite ensayar soluciones sobre el modelo geométrico configurado en una fase anterior. Cuando los estudiantes se enfrentan contra una pieza que han de construir ellos mismos, de forma espontánea, comienzan a ser conscientes de la interrelación que se da entre la planificación gráfica de sus proyectos y las posteriores exigencias constructivas que deben superar.

El proyecto, entendido como proceso (Raposo, 2010), previamente nos exige estudiar el problema sobre que el tenemos que actuar para, desde una posición de dominio de la circunstancia, operar activamente. El pensamiento discursivo (Pérez, 2010), que se irá desmembrando a lo largo de las distintas fases por las que pasamos cuando estamos proyectando, en última instancia, exige un control técnico de los protocolos bajos los cuales las ideas, los dibujos, las intenciones, se transforman en realidad.

Es en ese momento cuando hablamos de “construcción” o “fabricación”, como hechos inherentes y necesarios para que el diseño, sea de la escala que fuere, tome envergadura y ocupe formalmente un espacio físico, como es natural, a través de la conformación de la materia (Borrego, 2014).

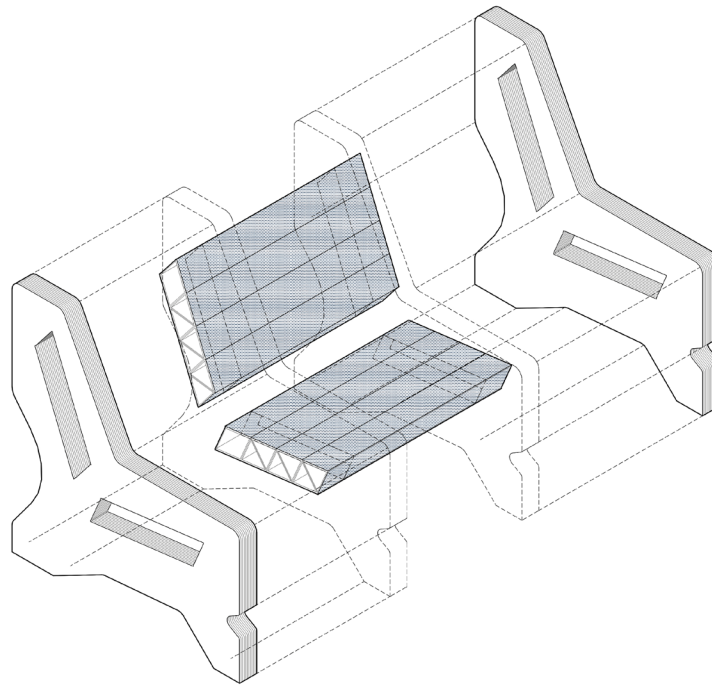


Fig. 2 Gemelo digital. Axonometría explosionada. Fuente: material original de la estudiante L.L.G. (2021)

En el ejercicio planteado el objetivo ha sido bien tasado. Lo que se pretende no es otra cosa que forzar al estudiante para que responda, de la mejor manera que pueda, sobre la colisión intelectual que se produce cuando el diseño exige datos, detalles, decisiones y renuncias para ser finalmente ejecutado.

Así pues, el fin será el de construir, el de transformar la materia para vertebrar una idea hasta, en el caso de que fuera posible, hacerla certera y verosímil para que, de un modo coherente y sostenible, pueda desempeñar la labor pretendida. Con ello, conseguimos superar el organigrama taxonómico básico (Bloom, 1956) para adentrarnos en el ámbito de la “creación”, procurando en el camino una formación válida para nuestros estudiantes.

Si bien, previo al fin último de la tarea pedagógica prevista por el profesorado, esto es, construir/fabricar el prototipo del diseño de una silla ejecutada con cartón, fue obligatorio desarrollar un modelo digital que registrase, de forma exhaustiva y detallada, todas y cada una de las decisiones asociadas al proceso de ejecución material.



Fig. 3 Prototipos a escala natural trabajados en el taller. Fuente: material original de varios estudiantes a (2021)



Fig. 4 Prototipos a escala natural trabajados en el taller. Fuente: material original de varios estudiantes (2022)

2. Metodología y procedimientos

Desde un posicionamiento puramente pedagógico (Gálvez, 2013), planteamos un trabajo atractivo, también tintado con matices lúdicos (Langendahl et al., 2016), en donde apostamos por el empleo de una combinación triaxial de varios modelos metodológicos:

- a. *Metodologías expositivas*: Sesiones en las que se transmite información sobre un tema, en esencia, a partir de referencias sobre casos exitosos de estudio. En éstas se planificaron seminarios y lecciones magistrales, donde se deshilaron los detalles específicos de algunos diseños que funcionaron en el año anterior. También se abordó la revisión de algunos casos de reconocido prestigio, haciendo viable la síntesis de un conjunto de condiciones que, a priori, debían cumplir los modelos sobre los que se estaba trabajando.

- b. *Metodologías prácticas*: Sesiones de taller dedicadas a la demostración, resolución y corrección de los problemas que se fueron manifestando a lo largo de las distintas fases de ejecución. El proceso fue controlado por los docentes, para dar un feedback inmediato sobre el estado puntual de cada uno de los trabajos ya iniciados. También incluyó casos de demostración y práctica controlada de técnicas, procedimientos, manejo de instrumental y/o programas informáticos. Estas clases sirvieron para, entre otras cosas, aprender de forma colaborativa (Gómez y Álvarez, 2011), a partir de la exposición de las soluciones a los distintos conflictos que se fueron presentando en el taller. En esta línea del discurso, un factor de especial interés fue la necesidad de entrar en contacto con proveedores y subcontratas (Johnson et al., 1999), pues, en función del material y la trabajabilidad de éste, hubo que replanificar buena parte de los diseños desarrollados hasta ese momento.
- c. *Metodologías inductivas*: Conjunto de enfoques centrados en la realización por parte del estudiante de actividades de investigación, resolución de problemas o aplicación de conocimiento de forma auto-dirigida y reflexiva para aprender a partir de la experiencia. Esta metodología se ha dispuesto para reforzar la realización del producto final objeto de la evaluación. El papel del docente es, en este escenario, el de proporcionar los recursos, procedimientos y materiales que son necesarios, a medida que los estudiantes van avanzando en sus diseños.

Definiendo el rumbo final del aprendizaje previsto para esta materia y, por fin, para dar el relevo a las materias vinculadas con el “proyecto”, hicimos el esfuerzo de trabajar en este último ejercicio del curso sobre una propuesta, desde su principio hasta su final; esto es, desde el bocetaje inicial hasta la construcción a escala natural, pasando por un proceso de *auditoría digital* que permite validar convenientemente las distintas decisiones que afectan a las fases del desarrollo (Patrick, 2019).

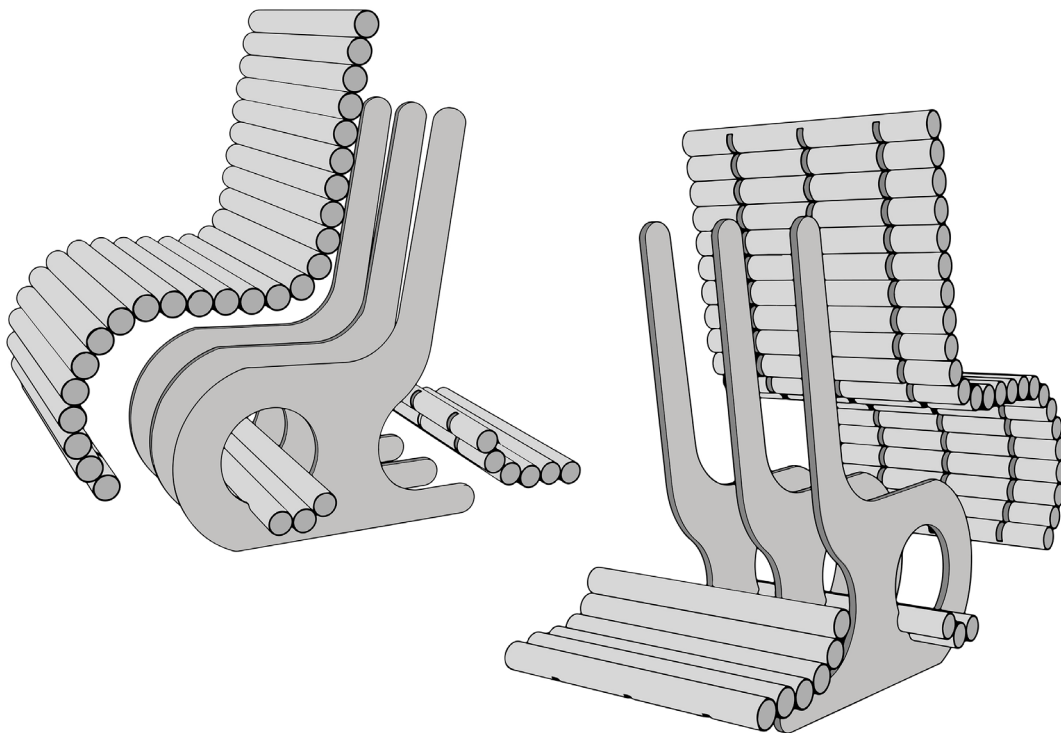


Fig. 5 Auditoría del proceso ejecutivo con gemelos digitales. Fuente: material original del estudiante P.R.A. (2021)



Fig. 6 Prototipo construido a partir de su gemelo digital. Fuente: material original del estudiante P.R.A. (2021)

Si bien, caber subrayar que hemos acotado el campo de actuación para que la diversidad de medios de ejecución y la paleta de materiales se simplificaran, toda vez que se homogeneizn las distintas propuestas desarrolladas por los estudiantes que participaron en esta práctica docente; sin embargo, también es cierto que, por ello y de manera espontánea, surgió la chispa de singularización a través de la exaltación de la creatividad de cada uno de los individuos involucrados.

3. Fases para el desarrollo de las tareas

De acuerdo con los criterios generales anteriormente apuntados, se planificaron unas fases de desarrollo de la tarea objeto de la evaluación que, además de ordenar convenientemente el calendario de impartición de la materia, buscaban que los estudiantes respondiesen frente a las siguientes solicitudes:

- I. *Estudio dimensional.* Comprensión de las condiciones morfológicas de los distintos elementos intervinientes en el diseño y ponderación funcional de las partes, de acuerdo con el uso y/o programa a satisfacer. Se exigió el despliegue del mayor y mejor control técnico sobre este tipo de decisiones, de cara a experimentar el necesario entrenamiento sobre la optimización del proyecto. Se trabajaron conceptos inherentes a la ergonomía, la estilística, la seriación, la planificación industrial o las condiciones formales asociadas a las cualidades del material de soporte elegido, el cartón.
- II. *Estudio de la volumetría.* Desarrollo formal del modelo como respuesta frente a los requerimientos impuestos desde la acumulación sistemática de ensayos de control. La itinerancia continuada de enayos “prueba-error” sobre el modelo digital, revisado convenientemente con los profesores, se manifestó como la mejor base sobre la que se resolvieron las soluciones geométricas finales. Las condiciones volumétricas, en algunos casos, fueron acotadas por las decisiones finales que impusieron los métodos de fabricación implementados como, por ejemplo, el tamaño máximo de las planchas que podían emplearse cuando se trabajó con cortadoras láser.
- III. *Estudio de la estabilidad y portabilidad.* Uno de los criterios fundamentales que se ha de tener en cuenta en este ejercicio, dadas las reducidas dimensiones del objeto final a obtener, fue la calificación estructural del modelo. Pretendimos poner sobre el tablero toda la casuística posible que nos permitiera comprobar que cualquier decisión de manipulación

espacial ha de traducirse previamente hacia un lenguaje constructivo, en donde las decisiones de índole estructural, para este tipo de trabajos, reclamaran nuestra atención. Por ello, uno de los conflictos más comunes fue el descubrimiento de las limitaciones estáticas del cartón. Esto implicó que tuviésemos que redirigir buena parte de los proyectos para, haciendo uso de modelos geométricos que optimizaban el comportamiento de la inercia estructural de las secciones resistentes, certificar la capacidad estable de los modelos finales proyectados.

- IV. *Aproximaciones sobre requerimientos técnicos/tecnológicos/industriales.* A pesar de que el objeto fundamental de estudio se fijó sobre temas centrados en aspectos formales y fenomenológicos, también plásticos y estéticos, no debíamos ser ajenos a las realidades que nos tocan vivir en nuestro presente. Bajo este prisma quisimos forzar situaciones que trajeron a nuestro ámbito de reflexión dudas que incidieron sobre imperativos categóricos tales como la evaluación energética, la sostenibilidad de los modelos, la reversibilidad de los procesos, la eficiencia de los sistemas o la accesibilidad social de los diseños. Tratamos de dar cabida a estudios constructivos algo más complejos que, bien ensayados, fueran susceptibles de ser emulados en otras ocasiones. De algún modo, en el proceso semanal de impartición de la asignatura fuimos inoculando discursos que, apoyándose sobre enfoques críticos cimentados en la metacognición (Mayor et al., 1995), pretendieron activar la sensibilidad del estudiantado hacia problemáticas contemporáneas. Así pues, también pudimos hablar de conceptos como, por ejemplo, los costes de producción, las condiciones de gasto de medios naturales, la explotación de los recursos humanos, el desarrollo tecnológico e industrial, las huellas de carbono en los procesos fabriles y el consumo energético.



Fig. 7 Estudio del comportamiento del modelo digitales. Fuente: material original del estudiante E.D. (2022)

4. Resultados de aprendizaje previstos

Los resultados de aprendizaje pretendidos para el ejercicio, alineados con las disposiciones fijadas en las memorias de verificación de las dos titulaciones desde donde se ha organizado la programación (también reflejados en las Guías Docentes de las materias), buscaron una nítida significación en lo que tiene que ver con el crecimiento curricular de los estudiantes (Díaz y Hernández, 2010). Fueron estos:

- R01: Tener capacidad propositiva para la resolución de problemas relacionados con el diseño, así como contextualizar el uso de las herramientas digitales en los marcos de actuación profesional del Diseño y de la Arquitectura.
- R02: Comprender y aplicar en profundidad los lenguajes inherentes a la producción plástica y al diseño, desarrollando un criterio propio en cuanto a la elección de las herramientas, técnicas, protocolos y procedimientos a utilizar.
- R03: Dominio de las técnicas de abstracción conceptual para definir soluciones innovadoras frente a las problemáticas del diseño, planteando una actitud responsable hacia el uso y adquisición de los medios naturales y artificiales a emplear.
- R04: Aplicar estrategias de comunicación avanzadas, empleando con soltura las tecnologías digitales necesarias para el desarrollo de los objetivos profesionales pretendidos.
- R05: Emplear mecanismos y herramientas intelectuales para adentrarse en el campo de la ideación y la proposición, realizando tareas de nivel medio vinculadas al desarrollo de proyectos de diseño.
- R06: Trabajar correctamente dentro de un grupo organizado e integrarse en colectivos profesionales multidisciplinares.

5. Mecanismos para la evaluación

La evaluación del ejercicio ha sido concebida como un acto deliberadamente formativo (Domingo et al., 2020) que, configurando un escalón más en el aprendizaje, sirve como guía autororientativa sobre el rendimiento logrado, tanto en el plano individual como en referencia a la vertebración global del aula.

Apostamos por un modelo de control con capacidad para aportar y generar valor, frente a sistemas de chequeo del nivel que son tan sólo sumativos. Así, la evaluación se ha planificado de acuerdo con la adquisición de las competencias que derivan de la superación de los resultados de aprendizaje previstos para el ejercicio (Brown y Glasner, 2003), cuantificando la calificación a partir de una heteroevaluación definida en varios niveles.

El objeto de la evaluación se resolvió sobre la entrega de un producto doble, esto es, el prototipo construido en cartón a escala natural y, en paralelo, el gemelo digital sobre el que se gestó el diseño y se organizó la ejecución material del prototipo.

De acuerdo con este doble producto, la evaluación fue segmentada de la manera siguiente:

- *Autoevaluación*. Exposición crítica sobre el desempeño acumulado semana a semana. Reflexión sobre los problemas y barreras encontrados y, en consecuencia, sobre las decisiones tomadas a los efectos.
- *Evaluación entre iguales*. Crítica por parte de un compañero, quien, desde la experiencia propia vivida, plantea una revisión del trabajo presentado. Para homogeneizar este tipo de intervenciones y evitar las deformaciones propias de la interacción social entre compañeros, el profesor responsable de la materia planteó que la evaluación entre iguales respondiese estrictamente a los puntos referidos en el apartado de las fases de desarrollo: estudio dimensional, volumetría, estabilidad/portabilidad y requerimientos técnicos/industriales.
- *Evaluación por parte del docente*. Valoración crítico-reflexiva en formato abierto y en presencia del autor de cada trabajo, en donde se exponen los puntos fuertes del proyecto desarrollado, las cuestiones susceptibles de mejora y, sobre todo, el valor general que el trabajo del estudiante genera sobre los resultados colectivos conseguidos por el grupo. De forma posterior, en formato asíncrono, el profesor realizó una revisión pormenorizada para comprobar si se logró la adquisición de los resultados de aprendizaje previstos.

Para estructurar el modelo de evaluación referido, se tabuló un formato de entrega muy rígido y definido que, sirviendo como *lista de comprobación*, garantizó que nivel de los resultados fuera válido para que los ejercicios pudiesen ser expuestos al público. Las condiciones para la entrega del *producto evaluable* fueron éstas:

1. Dossier en formato DIN A3 en disposición horizontal, tanto en papel como en formato digital (alojado en la Plataforma Docente Universitaria), donde se presentaron:
 - Dibujos preparatorios, esquemas, apuntes, croquis y bocetos que permiten comprender el proceso global desarrollado a lo largo del tiempo.
 - Estudio sistemático en alzado, planta y sección de la propuesta. Desarrollos diédricos acotados. Escala 1:10.
 - Axonometría militar del diseño. Escala 1:10.
 - Axonometría militar explosionada en donde se comprende el proceso constructivo y/o de montaje. Escala 1:10.
 - Archivos originales editables del gemelo digital.
2. Maqueta a escala 1:10 con detalle sobre los cambios de geometría del modelo, así como sobre su necesario despiece constructivo.
3. Prototipo a escala 1:1. Este modelo final debía ser perfectamente útil, de forma que soportara por tiempo indefinido el peso de una persona adulta.
4. Performance grupal. Los estudiantes organizaron, de manera consensuada, una exposición en el vestíbulo del edificio, en donde se mostraron todas las propuestas desarrolladas en el taller.

6. Reflexiones finales y conclusiones

A modo de corolario sería pertinente determinar las conclusiones finales que derivan del cierre de la tarea. Éstas podrían agruparse en dos ámbitos diferenciados. Por un lado, acotamos las conclusiones que atienden a la interrelación de materias del un mismo curso y titulación, junto con otras materias de otra titulación impartida en la misma Escuela; las llamaremos *conclusiones procedimentales*. Por otro lado, listamos las conclusiones que tienen que ver con el desarrollo curricular y con el crecimiento, profesional y humano, de los estudiantes involucrados en esta experiencia docente; las etiquetaremos como *conclusiones pedagógicas*.

Conclusiones procedimentales.

- Conseguimos programar una actividad docente que, además, nos permite generar registros sobre los modos de hacer y los intereses de nuestro centro. Este tipo de actividades demuestran que la transversalidad de conocimientos entre titulaciones es una realidad explotable de formas múltiples.
- La organización de ejercicios evaluables, bien en formato vertical u horizontal, dentro de una misma titulación es un valor que, desde hace tiempo, se viene trabajando en las Escuelas de Arquitectura de España. Ahora, dando un paso más, planteamos una vinculación que, aun estando anexa al marco competencial de las memorias de verificación tramitadas para cada titulación, permiten generar encuentros valiosos donde los estudiantes pueden romper las dinámicas predefinidas para las asignaturas participantes.
- Este tipo de actividades permite revisar la vertebración infraestructural de nuestras instalaciones y equipamientos, ya no sólo para dar respuesta a las necesidades físicas de espacios y/o de medios materiales, sino porque, con el desarrollo práctico de éstas, se nos permite proponer nuevas lógicas de ocupación de los lugares habilitados para la docencia. El mobiliario se redispone, aparecen nuevas herramientas y artefactos en el aula, la escala

de los objetos de evaluación se hace mayor o, por ejemplo, se transforma temporalmente un espacio de trabajo y/o de circulación para adecuarlo como una galería expositiva.

- Visibilizamos el trabajo de los estudiantes, ya no con respecto al resto de compañeros de la Escuela relacionados directa o indirectamente con nuestras titulaciones sino, sobre todo, impactando en la retina de los estudiantes de otras facultades; quienes, perplejos por la actividad de los nuestros, se interesaban constantemente sobre lo que estábamos haciendo.
- Este tipo de labores sirven también para reflexionar y hacer autocrítica sobre el estancamiento metodológico que, por los motivos que sea, existe actualmente en el espacio educativo de nivel superior. Es a todas luces evidente que, tal vez por la necesidad de estímulo en edades tempranas, la innovación educativa en infantil, primaria y bachillerato ha evolucionado en las últimas décadas más rápidamente que la universitaria. Ahora, una vez que se están consolidando los programas académicos del Plan Bolonia sobre profesiones reguladas ministerialmente, como la nuestra, parece plausible que nos detengamos para pensar sobre cómo queremos organizar el funcionamiento rutinario de nuestras Escuelas.

Conclusiones pedagógicas.

- Mejoramos la participación en clase y reducimos el absentismo. El aspecto lúdico del ejercicio permite que la atmósfera en el aula sea muy buena. Gracias a esto, también se han conseguido logros de razón social/relacional con algunos estudiantes que, previamente, mostraban una actitud resevada y esquiva.
- Procuramos la adquisición de conocimientos colaterales derivados de la necesidad de resolver conflictos técnicos vinculados con la ejecución a escala natural.
- Mejoramos la interacción entre iguales y, a su vez, canalizamos de manera más fluida la relación entre el estudiante y el profesor. Las metodologías de aprendizaje activo permiten que el profesor pase a ser, en lugar de un instructor, un compañero hipercualificado.
- Se amplía el horizonte de los resultados de las entregas pues, además de ser material de evaluación para la materia, una vez cerrado el curso los productos entregados quedan al servicio de la Escuela.
- Los estudiantes entran de lleno a comprender la importancia de los gemelos digitales como soporte donde ensayar soluciones y desde donde transformar el diseño para, en una fase posterior, vehiculizar la construcción del modelo a escala 1:1.
- Se profundiza de forma mucho más aplicada en el empleo de los distintos softwares de representación gráfica y modelado tridimensional que son necesarios para dar forma al trabajo propuesto.
- Los estudiantes, a pesar de estar en el primer curso del grado, se encuentran ante la frontera de tener que conectar con el tejido industrial local para, con lógicas progresivas, acopiar los materiales, acceder a herramientas y equipamientos técnicos y, finalmente, ejecutar los modelos a entregar para ser evaluados.
- La repetición del ejercicio durante dos años seguidos ha permitido que los estudiantes puedan definir un protocolo de trabajo que se transmite por vías informales y que, a largo plazo, servirá para generar un sello identitario de las titulaciones que participan en la actividad.

7. Bibliografía

- BLOOM, B.S. (1956). *Taxonomy of education objectives. Handbook 1, Cognitive domain*. New York: Addison Wesley Longman.
- BORREGO, I. (2014). Materia informada. Información circunstancial, instrumental y codificada. *Rita: Revista Indexada de Textos Académicos*, 1, p. 112-119.
- BROWN, S. y GLASNER, A. (2003). *Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea Ediciones.
- DÍAZ, A. y HERNÁNDEZ, G. (2010). *Estrategia Docentes para un Aprendizaje Significativo. Una interpretación constructivista*. México: Mc Graw Hill.
- DIEGO BARRADO, L. y ESTEPA RUBIO, A. (2015). "De palabra y por escrito. La formación multidisciplinar del arquitecto contemporáneo en la ETSA USJ" en Estepa Rubio, A. et al. *Taller vertical de integración*. Zaragoza: Ediciones Universidad San Jorge, 8-12.
- DOMINGO SANTOS, J.; MORENO ÁLVAREZ, C. y GARCÍA PÍRIZ, T. (2020). "Exposiciones docente: didáctica, transferencia e innovación en el ámbito académico" en García Escudero, D. y Bardí Milà, B. *VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'20), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga, 12 y 13 de Noviembre de 2020: libro de actas*. Barcelona: UPC. IDP; GILDA; UMA editorial, p. 709-720.
- GÁLVEZ, E. (2013). *Metodología activa: favoreciendo los aprendizajes. Cuaderno de apoyo didáctico*. Perú: Santillana.
- GANZ, C. (2018). Gemelo digital. *Revista ABB*, 2, p. 94-95.
- GÓMEZ, C. y ÁLVAREZ, J.D. (2011). *El trabajo colaborativo como indicador de calidad del Espacio Europeo de Educación Superior*. Alicante: Universidad de Alicante, Marfil.
- JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T. y HOLUBEC, E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- LANGENDAH, P.-A.; COOK, M. y MARK-HERBERT, C. (2016). *Gamification in higher education. Toward a pedagogy to engage and motivate. Technical Report*. Uppsala: Epsilon. <https://pub.epsilon.slu.se/13429/7/langendahl_p_a_et_al_160602.pdf> [Consulta: 8 de junio de 2022]
- MAYOR, J.; SUENGAS, A. y GONZÁLEZ, J. (1995). *Estrategias Metacognitivas. Aprender a aprender y aprender a pensar*. Madrid: Editorial Síntesis S.A.
- PATRICK, M. (2019). El poder de los gemelos digitales para mejorar el diseño, la atención al cliente y la eficiencia. *Revista española de electrónica*, 779, p. 88-90.
- PÉREZ CARABIAS, V. (2010). Sobre la estructura del grafoaje o del dibujar. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 15(15), p. 190-195. <<https://doi.org/10.4995/ega.2010.1007>> [Consulta: 8 de junio de 2022]
- RAPOSO GRAU, J.F. (2010). Identificación de los procesos gráficos del "dibujar" y del "proyectar" arquitectónico, como "procesos metodológicos de investigación científica arquitectónica". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 15(15), p. 102-111. <<https://doi.org/10.4995/ega.2010.997>> [Consulta: 8 de junio de 2022]
- TRACHANA, A. (2012). Manual o digital. Fundamentos antropológicos del dibujar y construir modelos arquitectónicos. *EGA, Expresión Gráfica Arquitectónica*, 17(19), p. 288-297. <<https://doi.org/10.4995/ega.2012.1381>> [Consulta: 8 de junio de 2022]