

# JIDA'23

XI JORNADAS  
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE  
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION  
IN ARCHITECTURE JIDA'23

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ  
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'23

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE GRANADA  
16 Y 17 DE NOVIEMBRE DE 2023



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Organiza e impulsa **Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC)**

### **Editores**

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

### **Revisión de textos**

Alba Arboix Alió, Joan Moreno Sanz, Judit Taberna Torres

### **Edita**

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

**ISBN** 978-84-10008-10-62 (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/licenses/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'23**

### ***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***

#### **Joan Moreno Sanz (UPC)**

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

#### **Judit Taberna Torres (UPC)**

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

#### **Rafael García Quesada (UGR)**

Dr. Arquitecto, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, ETSAGr-UGR

#### **José María de la Hera Martín (UGR)**

Administrador, ETSAGr-UGR

### ***Coordinación***

#### **Alba Arboix Alió (UB)**

Dra. Arquitecta, Departamento de Artes Visuales y Diseño, UB

## **Comité Científico JIDA'23**

**Francisco Javier Abarca Álvarez**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAGr-UGR

**Luisa Alarcón González**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Lara Alcaina Pozo**

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

**Atxu Amann Alcocer**

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

**Irma Arribas Pérez**

Dra. Arquitecta, ETSALS

**Raimundo Bambó Naya**

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

**María del Mar Barbero Barrera**

Dra. Arquitecta, Construcción y Tecnología Arquitectónicas, ETSAM-UPM

**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

**Rafael Córdoba Hernández**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAM-UPM

**Còssima Cornadó Bardón**

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

**Rafael de Lacour Jiménez**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSAGr-UGR

**Eduardo Delgado Orusco**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

**Carmen Díez Medina**

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

**Débora Domingo Calabuig**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

**Arturo Frediani Sarfati**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-URV

**Pedro García Martínez**

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

**Eva Gil Lopesino**

Dr. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

**Ana Eugenia Jara Venegas**

Arquitecta, Universidad San Sebastián, Chile

**José M<sup>a</sup> Jové Sandoval**

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

**Íñigo Lizundia Uranga**

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

**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

**Maria Dolors Martínez Santafe**

Dra. Física, Departamento de Física, ETSAB-UPC

**Javier Monclús Fraga**

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

**Leandro Morillas Romero**

Dr. Arquitecto, Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, ETSAGr-UGR

**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

**Ana Belén Onecha Pérez**

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

**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

**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

**Gonzalo Ríos-Vizcarra**

Dr. Arquitecto, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú

**Silvana Rodrigues de Oliveira**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Concepción Rodríguez Moreno**

Dra. Arquitecta, Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, ETSAGr-UGR

**Jaume Roset Calzada**

Dr. Físico, Física Aplicada, ETSAB-UPC

**Anna Royo Bareng**

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

**Emilia Román López**

Dra. Arquitecta, Urbanística y Ordenación del Territorio, ETSAM-UPM

**Borja Ruiz-Apilánez**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, 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

**Josep Maria Toldrà Domingo**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, EAR-URV

**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

**Eduardo Zurita Povedano**

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSAGr-UGR

## ÍNDICE

1. **El proceso gráfico como acto narrativo. *The graphic process as a narrative act.*** Grávalos-Lacambra, Ignacio.
2. **El Proyecto de Ejecución Estructural como parte del Proyecto Final de Máster. *Structural execution project as part of the Master's thesis.*** Guardiola-Víllora, Arianna; Mejía-Vallejo, Clara.
3. **La casa de los animales: seminario de composición arquitectónica. *The House of Animals: seminar on architectural composition.*** Gómez-García, Alejandro.
4. **Aula invertida, gamificación y multimedia en Construcción con el uso de redes sociales. *Flipped classroom, gamification and multimedia in Construction by using social networks.*** Serrano-Jiménez, Antonio; Esquivias, Paula M.; Fuentes-García, Raquel; Valverde-Palacios, Ignacio.
5. **Profesional en lo académico, académico en lo profesional: el concurso como taller. *Professionally academic, academically professional: competition as a workshop.*** Álvarez-Agea, Alberto.
6. **Adecuación de un A(t)BP al ejercicio profesional de la arquitectura. *Adaptation of a PB(t)L to the professional practice of architecture.*** Bertol-Gros, Ana; Álvarez-Atarés, Francisco Javier; Gómez Navarro, Belén.
7. **Visualización & Representación: Diseño Gráfico y Producción Industrial. *Visualization & Representation: Graphic Design and Industrial Production.*** Estepa Rubio, Antonio.
8. **Más allá del estado estable: diseño discursivo como práctica reflexiva asistida por IA. *Beyond the Steady State: Discursive Design as Reflective Practice Assisted by AI.*** Lobato-Valdespino, Juan Carlos; Flores Romero, Jorge Humberto.
9. **Geometría y memoria: las fuentes monumento de Aldo Rossi. *Geometry and memory: monument fountains by Aldo Rossi.*** Vílchez-Lara, María del Carmen.
10. **La experiencia de un taller "learning by building" en el diseño de un balcón de madera. *The experience of a "learning by building" workshop in the design of a wooden balcony.*** Serrano-Lanzarote, Begoña; Romero-Clausell, Joan; Rubio-Garrido, Alberto; Villanova-Civera, Isaac.
11. **Diseño de escenarios de aprendizaje universitarios para aprender haciendo. *University learning scenarios design for learning-by-doing.*** Prado-Acebo, Cristina.

12. **Cartografiando el acoso sexual: dos TFG sobre mujeres y espacio público en India. *Mapping Sexual Harassment: Two Undergraduate Theses on Women and Public Space in India.*** Cano-Ciborro, Víctor.
13. **Comparar, dialogar, proyectar. *Comparing, discussing, designing.*** Mària-Serrano, Magda; Musquera-Felip, Sílvia.
14. **Talleres preuniversitarios: itinerarios, bitácoras y mapas con niñxs. *Pre-university workshops: Itineraries, Sketchbooks, Maps with Kids.*** De Jorge-Huertas, Virginia; Ajuriaguerra-Escudero, Miguel Ángel.
15. **Dibujar y cartografiar: un marco teórico para arquitectura y paisajismo. *Drawing and mapping: a theoretical framework for architecture and landscape.*** De Jorge-Huertas, Virginia; Rodríguez-Aguilera, Ana Isabel.
16. **La especialización en el modelo formativo de las Escuelas de Arquitectura en España. *Specialization in the formative model of the Schools of Architecture in Spain.*** López-Sánchez, Marina; Vicente-Gilabert, Cristina.
17. **Regeneración paisajística de la Ría de Pontevedra: ApS para la renaturalización de Lourizán. *Ria de Pontevedra landscape regeneration: Service-Learning to rewild Lourizán.*** Rodríguez-Álvarez, Jorge; Vázquez-Díaz, Sonia.
18. **Manos a la obra: de la historia de la construcción a la ejecución de una bóveda tabicada. *Hands on: from the history of construction to commissioning of a timber vault.*** Gómez-Navarro, Belén; Elía-García, Santiago; Llorente-Vielba, Óscar.
19. **Artefactos: del co-diseño a la co-fabricación como acercamiento a la comunidad. *Artifacts: from co-design to co-manufacturing as approach to the community.*** Alberola-Peiró, Mónica; Casals-Pañella, Joan; Fernández-Rodríguez, Aurora.
20. **Análisis y comunicación: recursos docentes para acercar la profesión a la sociedad. *Analysis and communication: teaching resources to bring the profession closer to society.*** Díez Martínez, Daniel; Esteban Maluenda, Ana; Gil Donoso, Eva.
21. **Desafío constructivo: una vivienda eficiente y sostenible. *Building challenge: efficient and sustainable housing.*** Ros-Martín, Irene; Parra-Albarracín, Enrique.
22. **¿Mantiene usted sus ojos abiertos? La fotografía como herramienta transversal de aprendizaje. *Do you keep your eyes open? Photography as a transversal learning tool.*** González-Jiménez, Beatriz S.; Núñez-Bravo, Paula; Escudero-López, Elena.
23. **El COIL como método de aprendizaje: estudio de la iluminación natural en la arquitectura. *The COIL as a learning method: Study of natural lighting in architecture.*** Pérez González, Marlix T.

24. **Viaje virtual a Amsterdam a través del dibujo. *Virtual trip to Amsterdam through drawing*.** Moliner-Nuño, Sandra; de-Gispert-Hernandez, Jordi; Bosch-Folch, Guillem.
25. **Los juegos de Escape Room como herramienta docente en Urbanismo: una propuesta didáctica. *Breakout Games as a teaching tool in Urban Planning: a didactic strategy*.** Bernabeu-Bautista, Álvaro; Nolasco-Cirugeda, Almudena.
26. **Happenings Urbanos: acciones espaciales efímeras, reflexivas y participativas. *Urban Happenings: Ephemeral, Reflective and Participatory Spatial Actions*.** Blancafort, Jaume; Reus, Patricia.
27. **Sensibilizando la arquitectura: una propuesta de ApS en el Centro Histórico de Quito. *Sensitizing architecture: An ApS proposal in the Historic Center of Quito*.** González-Ortiz, Juan Carlosa; Ríos-Mantilla, Renato Sebastián; Monard-Arciniégas, Alexka Shayarina.
28. **Regeneración urbana en el grado de arquitectura: experiencia de taller, San Cristóbal, Madrid. *Urban regeneration in the architecture degree: Workshop experience in San Cristóbal, Madrid*.** Ajuriaguerra Escudero, Miguel Angel.
29. **De las ideas a las cosas, de las cosas a las ideas: la arquitectura como transformación. *From ideas to things, from things to ideas: Architecture as transformation*.** González-Cruz, Alejandro Jesús; del Blanco-García, Federico Luis.
30. **A propósito del documental “Arquitectura Emocional 1959”: elaborar un artículo de crítica. *Regarding the documentary “Emotional Architecture”: Preparing a critical article*.** Moreno Moreno, María Pura.
31. **El modelo de Proyecto Basado en la investigación para el aprendizaje de la Arquitectura. *The Design-Research Model for Learning Architecture*.** Blanco Herrero, Arturo; Ioannou, Christina.
32. **La colección Elementos: un archivo operativo para el aprendizaje arquitectónico. *The Elements collection: an operational archive for architecture learning*.** Fernández-Elorza, Héctor Daniel; García-Fern, Carlos; Cruz-García, Oscar; Aparicio-Guisado, Jesús María.
33. **Red de roles: role-play para el aprendizaje sobre la producción social del hábitat. *Roles Network: role-play learning on the social production of habitat*.** Martín Blas, Sergio; Martín Domínguez, Guiomar.
34. **Proyecto de Aprendizaje-Servicio en Diseño y Viabilidad de Proyectos Arquitectónicos. *Service-Learning in Architectural Projects Design and Feasibility*.** García-Asenjo Llana, Davida; Vicente-Sandoval González, Ignacio; Echarte Ramos, Jose María; Hernández Correa, José Ramón.

35. **La muerte del héroe: la creación de una narrativa profesional inclusiva y cooperativa. *The hero's death: The creation of an inclusive and cooperative professional narrative.*** García-Asenjo Llana, David; Vicente-Sandoval González, Ignacio; Echarte Ramos, Jose María.
36. **Modelado arquitectónico: construyendo geometría. *Architectural modeling: constructing geometry.*** Crespo-Cabillo, Isabel; Àvila-Casademont, Genís.
37. **Propiocepciones del binomio formación-profesión en escuelas de arquitectura iberoamericanas. *Self awareness around the education-profession binomio in iberoamerican architecture schools.*** Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Barrientos-Díaz, Macarena.
38. **Experiencing service learning in design-based partnerships through collective practice. *Aprendizaje-servicio en proyectos comunitarios a través de la práctica colectiva.*** Martínez-Almoyna Gual, Carles.
39. **Aprendizaje basado en proyectos: estudio de casos reales en la asignatura de Geometría. *Project-based learning: study of real cases in the subject of Geometry.*** Quintilla-Castán, Marta.
40. **El sílabo como dispositivo de [inter]mediación pedagógica. *Syllabus as pedagogical [inter]mediation device.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Robles-Pedraza, David.
41. **Didáctica en arquitectura: el dato empírico ambiental como andamiaje de la creatividad. *Didactics in architecture: the empirical environmental data as a support for creativity.*** Lecuona, Juan.
42. **Navegar la posmodernidad arquitectónica española desde una perspectiva de género. *Surfing the Spanish architectural postmodernity from a gender perspective.*** Díaz-García, Asunción; Parra-Martínez, José; Gilsanz-Díaz, Ana; Gutiérrez-Mozo, M. Elia.
43. **Encontrar: proyectar con materiales y objetos comunes como herramienta docente. *Found: designing with common materials and objects as a teaching tool.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Ruiz-Bulnes, Pilar.
44. **Modelo pedagógico para el primer curso: competencias para la resolución de problemas abiertos. *Pedagogical model for the first year of undergraduate studies: development of open problem solving skills.*** Gaspar, Pedro; Spencer, Jorge; Arenga, Nuno; Leite, João.
45. **Dispositivos versus Simuladores en la iniciación al proyecto arquitectónico. *Devices versus Simulators in the initiation to the architectural project.*** Lee-Camacho, Jose Ignacio.

46. **Implementación de metodologías de Design Thinking en el Taller de Arquitectura. *Implementation of Design Thinking methodologies in the Architectural Design Lab.*** Sádaba, Juan; Collantes, Ezekiel.
47. **Jano Bifronte: el poder de la contradicción. *Jano Bifronte: the power of contradiction.*** García-Sánchez, José Francisco.
48. **Vitruvio nos mira desde lejos: observar y representar en confinamiento. *Vitruvio Looks at us from Afar: Observing and Representing in Confinement.*** Quintanilla Chala, José Antonio; Razeto Cáceres, Valeria.
49. **Muro Virtual como herramienta de aprendizaje para la enseñanza colaborativa de un taller de arquitectura. *Virtual Wall as a learning tool for collaborative teaching in an architecture workshop.*** Galleguillos-Negroni, Valentina; Mazzarini-Watts, Piero; Harriet, De Santiago, Beatriz; Aguilera-Alegría, Paula.
50. **Ritmos Espaciales: aprender jugando. *Ritmos Espaciales: Learn by playing.*** Pérez-De la Cruz, Elisa; Ortega-Torres, Patricio; Galdames-Riquelme, Alejandra Silva- Inostroza, Valeria.
51. **Experiencias metodológicas para el análisis del proyecto de arquitectura *Methodological experiences for architectural project analysis.*** Aguirre-Bermeo, Fernanda; Vanegas-Peña, Santiago.
52. **Fabricando paisajes: el estudio del arquetipo como forma de relación con el territorio. *Making landscapes: the study of the archetype as a way of relating to the territorys.*** Cortés-Sánchez, Luis Miguel.
53. **Resonar en el paisaje: formas de reciprocidad natural-artificial desde la arquitectura. *Landscape resonance: natural-artificial reciprocities learnt from architecture.*** Carrasco-Hortal, Jose.
54. **Investigación del impacto del Solar Decathlon en estudiantes: análisis de una encuesta. *Researching the impact of the Solar Decathlon on students: a survey analysis.*** Amaral, Richard; Arranz, Beatriz; Vega, Sergio.
55. **Urban Co-Mapping: exploring a collective transversal learning model. *Urban Co-mapping: modelo de aprendizaje transversal colectivo.*** Toldi, Aubrey; Seve, Bruno.
56. **Docencia elástica y activa para una mirada crítica hacia el territorio y la ciudad del siglo XXI. *Elastic and active teaching for a critical approach to the territory and the city oaf the 21st century.*** Otamendi-Irizar, Irati; Aseguinolaza-Braga, Izaskun.
57. **Adoptar un rincón: taller de mapeo y acción urbana para estudiantes de arte. *Adopting a corner: mapping and urban action workshop for art students.*** Rivas-Herencia, Eugenio; González-Vera, Víctor Miguel.

58. **Aprendizaje-Servicio: comenzar a proyectar desde el compromiso social.**  
*Service-Learning: Start designing from social engagement.* Amoroso, Serafina;  
Martínez-Gutiérrez, Raquel; Pérez-Tembleque, Laura.
59. **Emergencia habitacional: interrelaciones entre servicio público y academia en Chile.**  
*Housing emergency: interrelations between public service and academia in Chile.* Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Schmidt-Gomez, Denisse.
60. **Optimización energética: acercando la práctica profesional a distintos niveles educativos.**  
*Energy optimization: bringing professional practice closer to different educational levels.* López-Lovillo, Remedios María; Aguilar-Carrasco, María Teresa; Díaz-Borrogo, Julia; Romero-Gómez, María Isabel.
61. **Aprendizaje transversal en hormigón.**  
*Transversal learning in concrete.* Ramos-Abengózar, José Antonio; Moreno-Hernández, Álvaro; Santolaria-Castellanos, Ana Isabel; Sanz-Arauz, David.
62. **Un viaje como vehículo de conocimiento del Patrimonio Cultural.**  
*A journey as a vehicle of knowledge about Cultural Heritage.* Bailliet, Elisa.
63. **La saga del Huerto Vertical de Tomé: ejecución de proyectos académicos como investigación.**  
*The saga of the Vertical Orchard of Tome: execution of academic projects as research.* Araneda-Gutiérrez, Claudio; Burdiles-Allende, Roberto.
64. **Lo uno, y también lo otro: contenedor preciso, programa alterno.**  
*The one, and also the other: precise container, alternate program.* Castillo-Fuentealba, Carlos; Gatica-Gómez, Gabriel.
65. **Elogio a la deriva: relatos del paisaje como experiencias de aprendizajes.**  
*In praise of drift: landscape narratives as learning experiences.* Barrale, Julián; Seve, Bruno.
66. **De la academia al barrio: profesionales para las oficinas de cercanía.**  
*From the academy to the neighbourhood: professionals for one-stop-shops.* Urrutia del Campo, Nagore; Grijalba Aseguinolaza, Olatz.
67. **Habitar el campo, cultivar la casa: aprendizaje- servicio en el patrimonio agrícola.**  
*Inhabiting the field, cultivating the house: service-learning in agricultural heritage.* Escudero López, Elena; Garrido López, Fermina; Urda Peña, Lucila
68. **Mare Nostrum: una investigación dibujada.**  
*Nostrum Mare: a Drawn Research.* Sánchez-Llorens, Mara; de Fontcuberta-Rueda, Luis; de Coca-Leicher, José.
69. **El Taller Invitado: un espacio docente para vincular profesión y formación.**  
*“El Taller Invitado”: a teaching space to link profession and education.* Barrientos-Díaz, Macarena Paz; Solís-Figueroa, Raúl Alejandro.

70. **Ensayos y tutoriales en los talleres de Urbanismo+Proyectos de segundo curso. *Rehearsals and tutorials in the second year Architecture+Urban design Studios.*** Tiñena Guiarnet, Ferran; Solans Ibáñez, Indibil; Buscemi, Agata; Lorenzo Almeida, Daniel.
71. **Taller Amereida: encuentros entre Arquitectura, Arte y Poesía. *Taller Amereida: encounters between Architecture, Art and Poetry.*** Baquero-Masats, Paloma; Serrano-García, Juan Antonio.
72. **Creallab: punto de encuentro entre los estudiantes de arquitectura y secundaria. *Creallab: meeting point between architecture and high-school students.*** Cobeta-Gutiérrez, Íñigo; Sánchez-Carrasco, Laura; Toribio-Marín, Carmen.
73. **Laboratorios de innovación urbana: hacia nuevos aprendizajes entre academia y profesión. *Urban innovation labs: towards new learning experiences between academia and profession.*** Fontana, María Pia; Mayorga, Miguel; Genís-Vinyals, Mariona; Planelles-Salvans, Jordi.
74. **Réplicas interiores: un atlas doméstico. *Interior replicas: a domestic atlas.*** Pérez-García, Diego; González-Pecchi, Paula.
75. **Arquitectura efímera desde la docencia del proyecto: la construcción del proyecto en la ciudad. *Ephemeral architecture from teaching of the project: construction of the project in the city.*** Ventura-Blanch, Ferran; Pérez del Pulgar Mancebo, Fernando; Álvarez Gil, Antonio.
76. **Start-up Education for Architects: Fostering Green Innovative Solutions. *Educación Start-up para arquitectos: fomentar soluciones ecológicas innovadoras.*** Farinea, Chiara; Demeur, Fiona.
77. **10 años, 10 concursos, 10 talleres: un camino de desarrollo académico. *10 years, 10 contests, 10 design studios: a trail in academic development.*** Prado-Lamas, Tomás.
78. **El Proyecto Experiencial: la titulación de arquitectos a través de proyectos no convencionales. *“El Proyecto Experiencial”: non-conventional projects for architecture students in the final studio.*** Solís-Figueroa, Raúl Alejandro.
79. **Design in Time: aprendizaje colaborativo y basado en el juego sobre la historia del diseño. *Design in Time: collaborative and game-based learning about the history of design.*** Fernández Villalobos, Nieves; Cebrián Renedo, Silvia; Fernández Raga, Sagrario; Cabrero Olmos, Raquel.
80. **Propuesta de mejora de los indicadores de calidad de la enseñanza de la arquitectura. *Proposal to improve the quality indicators of architecture teaching.*** Santalla-Blanco, Luis Manuel.

81. **Aprender de la experiencia: el conocimiento previo en la formación inicial del arquitecto. *Learning from experience: The role of prior knowledge in the initial training of architects.*** Arias-Jiménez, Nelson; Moraga-Herrera, Nicolás; Ortiz-Salgado, Rodrigo; Ascui Fernández, Hernán.
82. **Iluminación natural: diseño eficiente en espacios arquitectónicos. *Daylight: efficient design in architectural spaces.*** Roldán-Rojas, Jeannette; Cortés-San Román, Natalia.
83. **Fundamentación en arquitectura: el estado de la cuestión. *Architecture basic course: state of knowledge.*** Estrada-Gil, Ana María; López Chalarca, Diego; Suárez-Velásquez, Ana Mercedes; Uribe-Lemarie, Natalia.
84. **El cálculo de la huella de carbono en herramientas digitales de diseño: reflexiones sobre experiencias docentes. *Calculating the carbon footprint in design digital tools: reflections on teaching experiences.*** Soust-Verdaguer, Bernardette; Gómez de Cózar, Juan Carlos; García-Martínez, Antonio.

# Aprendizaje transversal en hormigón

## *Transversal learning in concrete*

Ramos-Abengózar, José Antonio<sup>a</sup>; Moreno-Hernández, Álvaro<sup>b</sup>; Santolaria-Castellanos, Ana Isabel<sup>c</sup>; Sanz-Arauz, David<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Prof. Titular, Proyectos Arquitectónicos, UPM, ETSAM, [joseantonio.ramos@upm.es](mailto:joseantonio.ramos@upm.es); <sup>b</sup> Prof. Asociado, Proyectos Arquitectónicos, UPM, ETSAM, [alvaro.moreno@upm.es](mailto:alvaro.moreno@upm.es); <sup>c</sup> Arquitecto, UPM, ETSAM, [ai.santolaria@gmail.com](mailto:ai.santolaria@gmail.com); <sup>d</sup> Prof. Titular, Departamento de Construcción, UPM, ETSAM, [david.sanz.arauz@upm.es](mailto:david.sanz.arauz@upm.es)

---

### **Abstract**

*The transversal experimental concrete workshop offers students in advanced architecture courses the opportunity to carry out a complete project from start to finish through the design and construction of a concrete prototype at a 1:1 scale. Concrete, understood as an integrating material of architecture, is the center of the workshop. Its different characteristics and manipulation possibilities allow students to experiment with alternatives in each exercise, as well as finding project reasons according to their interests. Concrete is the fundamental element since it becomes a vehicle for learning, experimentation, and design.*

**Keywords:** concrete, prototype, 1:1 scale, experimental, transversal.

**Thematic areas:** architectural design, active learning, design/build.

---

### **Resumen**

*El taller experimental transversal en hormigón ofrece a los estudiantes de cursos avanzados de arquitectura la oportunidad de realizar un proyecto completo de principio a fin a través del diseño y construcción de un prototipo en hormigón a escala 1:1. El hormigón como material integrador de la arquitectura es el centro del taller. Sus distintas características y posibilidades de manipulación permiten experimentar con alternativas en cada ejercicio y encontrar motivos de proyecto según los intereses de cada estudiante. El hormigón es el elemento fundamental, pues se convierte en vehículo de aprendizaje, de experimentación y de proyecto.*

**Palabras clave:** hormigón, prototipo, escala 1:1, experimental, transversal.

**Bloques temáticos:** proyectos arquitectónicos, metodologías activas, design/build.

---

**Resumen datos académicos**

**Titulación:** Grado en Fundamentos de la Arquitectura (ETSAM)

**Nivel/curso dentro de la titulación:** Cuarto

**Denominación oficial asignatura, experiencia docente, acción:** Taller experimental II HORMIGÓN CONCRETO

**Departamento/s o área/s de conocimiento:** Departamentos de Proyectos Arquitectónicos, Construcción y Estructuras

**Número profesorado:** 5

**Número estudiantes:** En total: 81, con el siguiente desglose: (2019) 16, (2020) 7, (2021) 17, (2022) 16, (2023) 25.

**Número de cursos impartidos:** 5

**Página web o red social:** Instagram @catedrablanca

**Publicaciones derivadas:** Revista EN HORMIGÓN. ISSN: 2951-8423 (ed.impresa). ISSN: 2951-8407 (ed.digital)

## Introducción

El taller experimental transversal en hormigón ofrece a los estudiantes de cursos avanzados de arquitectura la oportunidad de realizar un proyecto completo de principio a fin, ensayando el trabajo que se realiza en un estudio de arquitectura. Este taller propone llevar a cabo en el contexto académico el proceso de diseño y construcción de un prototipo a escala 1:1, tal y como sería en el mundo profesional. Brinda así a los estudiantes la combinación de ventajas y recursos de la academia y la profesión para una mejor formación y preparación profesional.

El hormigón como material integrador de la arquitectura es el centro y el hilo conductor del taller. Sus distintas características y posibilidades de manipulación permiten experimentar con alternativas en cada ejercicio y encontrar motivos de proyecto según los intereses de cada estudiante. El material es el elemento fundamental, pues se convierte en vehículo de aprendizaje, de experimentación y de proyecto.

## Contexto y referencias

El taller forma parte de la asignatura Taller Experimental II, de tipo obligatoria diversificable, que se oferta a los estudiantes de cuarto curso de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El objetivo de estos talleres reducidos es favorecer una formación experimental, innovadora y transversal, implicando activamente a los alumnos en el proceso y la metodología.

La introducción del hormigón en la docencia de arquitectura, especialmente en el campo de proyectos, tiene su origen en el taller *Materia y Espacio*<sup>1</sup> (Ramos y Moreno, 2019). Esta asignatura propone unir la materia al aprendizaje de arquitectura y hacerlo de forma práctica desde el primer momento, cuando el alumno acaba de ingresar en la Escuela y no dispone de conocimientos disciplinares previos. Utilizando el hormigón y su manipulación, mediante un acercamiento táctil e intuitivo, los estudiantes van introduciéndose en el espacio y el proyecto de arquitectura. Tras más de diez ediciones de este primer taller, nace el taller avanzado de hormigón, en el que la madurez de los alumnos y sus inquietudes permiten abordar aspectos constructivos y estructurales del proyecto para llegar a realizar un prototipo real.

Ambos talleres –“*Materia y Espacio*” y “*Hormigón Concreto*”– se llevan a cabo en la Cátedra Blanca de Madrid, apoyados por la empresa cementera Cimisa, y tienen relación con otra experiencia docente similar apoyada por la misma entidad a través de otra Cátedra Empresa en la Universidad de Valencia, “*Proyectar en Hormigón Blanco. Materialización del proyecto Arquitectónico*”. Sin embargo, en esta última lo que se plantea es la realización de modelos en hormigón de edificios, es decir, se realizan piezas arquitectónicas en hormigón pero se trata de maquetas y no de prototipos a escala real.

En su enfoque metodológico, el taller avanzado de hormigón sigue la línea de otras experiencias docentes relativas a la construcción de demostradores o prototipos, especialmente las que utilizan hormigón. La escuela ETH Zurich resulta pionera en este campo, y ha ofrecido durante años varios cursos que son claramente referencias de interés para este taller. Baste señalar dos talleres que enmarcan esta horquilla temporal. El más reciente es el taller de BLOCK Research Group<sup>2</sup> en el que, entre 2019 y 2020, se diseñó y construyó un

---

<sup>1</sup> Este taller, junto con la primera edición del taller dedicado a los alumnos de cuarto curso, fue objeto de una ponencia sobre innovación educativa en la Escuela de Arquitectura de Sevilla.

<sup>2</sup> Más información: <https://block.arch.ethz.ch/brq/teaching>

prototipo en hormigón (NEST Hilo roof) utilizando métodos de diseño y fabricación digital. La investigación en encofrados, así como el uso de medios avanzados que disponen, permiten la realización de prototipos muy innovadores. En el otro extremo, los trabajos iniciales en 2006 del taller de Gramazio Kohler<sup>3</sup> sobre perforaciones en muros, son un referente claro, por su investigación sobre la geometría, manipulación y secuencias repetitivas sobre elementos en hormigón. Estas investigaciones evolucionaron en años posteriores ampliando su interés por otros materiales, pero el inicio con el hormigón y el necesario trabajo sobre el encofrado no pasaron desapercibidos como referencias en los cursos del taller *Materia y Espacio*, ya desde sus inicios en 2010. En este sentido, los prototipos construidos por Kohler son fruto de una experimentación con la materia y sus posibilidades que permiten una traslación más directa a los ejercicios planteados en otros talleres.

En relación con el material entendido como “materia”, con sus cualidades y técnicas específicas, son significativos los cursos de *Material Gesture* dirigidos por Anne Holtrop, también en la ETH Zurich. Su objetivo es centrarse en el proceso de trabajo con un material concreto, en el gesto o expresión únicos dictados por ese material particular y la forma especial de trabajarlo. El curso dedicado al yeso (2019)<sup>4</sup>, por su naturaleza inicial fluida, establece una relación directa con el taller de hormigón.

En anteriores ediciones de estas jornadas JIDA, se han presentado comunicaciones con similitudes pedagógicas. Por un lado, la metodología “aprender haciendo” se plantea en varias experiencias docentes ligadas a talleres de construcción, como por ejemplo “*Metodología: “Aprende haciendo”, aplicado al área de Construcciones Arquitectónicas*” (Muñoz, 2019) y “*Aprendiendo construcción mediante retos: despertando conciencias, construyendo intuiciones*” (Barrios-Padura, 2019). Por otro lado, hay muchas semejanzas con aquellas que plantean la construcción de prototipos, como “*Taller integrado. Gemelos digitales y fabricación a escala natural*” (Estepa, 2022) y, especialmente, “*Versión Beta. El prototipado como herramienta de aprendizaje*” (Soriano, 2019). Sin embargo, la gran diferencia de esta propuesta docente frente a las mencionadas, es que el material es la clave. El uso del hormigón, sus características y sus necesidades técnicas. De modo que, el aprendizaje de construcción viene dado por el material, y el tipo y cualidades del prototipo construido derivan, igualmente, del material utilizado.

## Hormigón

El hormigón es capaz de integrar todos los materiales de la arquitectura. También integra las distintas materias de la disciplina arquitectónica, porque el proyecto en hormigón nunca puede olvidar el resto del conocimiento, en especial la construcción y las estructuras. Se trata de un material con cualidades peculiares, donde convergen técnicas tradicionales con avances de última generación. Un material que admite variaciones en su composición, que se traducen en distintas propiedades físicas como resistencia, ligereza, densidad, color,...

Además, tiene una puesta en obra muy singular, puesto que requiere siempre de un molde para obtener una forma y un acabado. El encofrado, a su vez, requiere de un diseño y una reflexión sobre los materiales utilizados, el proceso de construcción, su geometría, o la textura

---

<sup>3</sup> Más información: <https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/lehre/index.html>

<sup>4</sup> Más información: <https://holtrop.arch.ethz.ch/Material-Gesture>. Curso sobre el yeso (2019): <https://holtrop.arch.ethz.ch/Design-Studio/FS19/Material-Gesture-Gypsum>

del material. Todos estos aspectos hacen del hormigón un material idóneo para la experimentación y el aprendizaje integral, más aún cuando se van desarrollando en el taller en función del proyecto propuesto por cada estudiante.

## Transversalidad

El hormigón entendido así, como materia de la arquitectura, es capaz de integrar sus cualidades en horizontal, con todas las técnicas, y en vertical, con toda la poética del proyecto. Esta integración es el soporte natural para una propuesta docente donde la transversalidad deseada en todo el proceso ya no es un resultado sino un dato más de partida. Es el propio material el que facilita desde el origen la integración del diseño, la estructura y la construcción. Por eso, éste es un taller interdepartamental de Proyectos, Construcción y Estructuras; en el que participan profesores de cada uno de las disciplinas para transmitir sus conocimientos y asesorar al alumno en las cuestiones pertinentes del proyecto.

El estudiante obtiene, en primer lugar, unos conocimientos del hormigón desde su historia, su realidad actual y sus retos. Sin embargo, es al experimentar a través de su proyecto cuando va asimilando y adquiriendo de forma práctica esos conocimientos. Las cualidades del hormigón y sus requisitos técnicos son punto de partida del proyecto, en un viaje de ida y vuelta que el alumno realiza muchas veces, modificando el diseño, la geometría, la técnica o el encofrado, hasta que consigue un resultado satisfactorio. En realidad, éste es el proceso habitual de trabajo profesional, por lo que los alumnos no sólo adquieren conocimientos acerca del hormigón sino que se entrenan en un aprendizaje vital para su salida de la universidad.

## Innovación

El taller avanzado de hormigón cuenta con la colaboración de una empresa constructora especialista en el sector que proporciona asesoramiento y el material utilizado. La estrecha relación con la empresa productora permite investigar con el material en “origen”. Es decir, se abre la posibilidad de producir modificaciones en la composición del hormigón, utilizar nuevas técnicas o testar nuevos productos. De forma que el taller se convierte en un Hub de Innovación, en un laboratorio de hipótesis y pruebas para nuevos materiales previos a su comercialización.

Hay que hacer una consideración previa y es que, por el tamaño de las piezas, se utiliza un material con una selección de árido fino. Esto lo alejaría de la condición de hormigón para asemejarse a la de mortero. En cualquier caso, a la escala de las piezas, la naturaleza y comportamiento son similares<sup>5</sup>, lo que permite a los alumnos comprender y experimentar el hormigón no sólo por sus cualidades estructurales, de continuidad y monolitismo, sino también por las sollicitaciones de su puesta en obra y por sus texturas y acabados finales.

Las cinco ediciones del presente taller se han desarrollado bajo el patrocinio de dos empresas diferentes, CEMEX y ÇİMSA, ambas referentes y líderes mundiales en la investigación y producción de cemento blanco. El material básico empleado en ambos casos (*CEMEX Blanco Moldes* y *ÇİMSA Light Weight Concrete*) desde 2019 ha sido un compuesto de cemento blanco, áridos seleccionados de granulometría < 2,0 mm y aditivos orgánicos. La densidad aparente

---

<sup>5</sup> De hecho, en mobiliario prefabricado de hormigón o paneles de GRC, se recurre a dosificaciones con gran porcentaje de árido de menor tamaño que en hormigón estructural y adiciones que permiten alcanzar el comportamiento y resistencia necesarios.

del producto endurecido estaba en el entorno de los 2.000 Kg/m<sup>3</sup>, lo que permitía a los alumnos calcular el peso final de las piezas ejecutadas.

En la edición de 2021, curso en que se cambió de patrocinio de una empresa a la otra (CEMEX a ÇIMSA) se probó un material en fase de estudio (*Material experimental para la construcción industrializada 4.0*, de CEMEX Materials Innovation HUB) que reducía el peso considerablemente (densidad 1300 Kg/m<sup>3</sup>) manteniendo la resistencia y demás cualidades del material previo. Fue desarrollado y testado en laboratorio, ensayando resistencias a flexión de 8 MPa y a compresión de 25-30 MPa, así como otras cualidades acústicas y de conductividad térmica. Esto permitió el diseño de piezas de mayor tamaño sin sobrepasar el máximo peso permitido en el taller, así como forzar la esbeltez de piezas, manteniendo su estabilidad y resistencia.

En las dos últimas ediciones se volvió al material básico, pero incorporando adiciones en los casos en que era necesario adaptarlo a situaciones de resistencia o mayor volumen. Así aparecen, en un caso, armados metálicos y de polietileno junto con fibra de vidrio adaptados a la escala y tamaño de las piezas para dotarlas de resistencia a flexión, junto con aceleradores del fraguado y fluidificantes que mejoraban la trabajabilidad. En otro, en que era crítico reducir el peso del volumen en masa, se recurre experimentalmente a la arlita para aligerarla y se ensaya en el laboratorio de materiales de la Escuela de Arquitectura la resistencia a compresión del material, comprobando que la resistencia era suficiente para el encargo encomendado.

Todo ello se recoge en la siguiente tabla, en la que se incluye también una comparación entre prototipos construidos y prototipos fallidos, que nos permite evaluar el riesgo tomado en cada edición. En algunos casos, el fallo se produce por algún defecto de construcción en el encofrado que desarrolla el alumno; en otros casos, es la experimentación -animada por los profesores - sobre el límite del material (esbeltez, resistencia, etc) la que provoca el colapso del prototipo.

**Tabla 1. Datos del material utilizado en cada curso y ejercicio**

Curso	Tipo de material utilizado	Características técnicas	Nº alumnos	Ejercicio	Nº prototipos construidos	Nº prototipos fallidos
2019	Hormigón blanco moldes (1)	Granulometría: < 2,0 mm. Densidad aparente endurecido: 2.150 ± 50 kg/m <sup>3</sup>	16	Soporte de mesa	16	1
2020 Covid19	-	-	7	Lámpara	3 [*]	1
2021	Hormigón ligero 4.0 (2)	Granulometría: < 1,0 mm. Densidad aparente endurecido: 1.300 / 1.500 kg/m <sup>3</sup> Resistencia a compresión: 25-30 MPa Resistencia a flexión: 8 MPa	17	Mesa	17	2
2022	Hormigón	Granulometría:	16	Puerta	7	2

	LightWeight (3) +Armado polietileno +Fibra de vidrio	< 2,0 mm. Densidad aparente endurecido: 2.000 kg/m3				
2023	Hormigón LightWeight (3) +Armado metálico +Fibra de vidrio +Arlita	Granulometría: < 2,0 mm. Densidad aparente endurecido: 2.000 kg/m3 Resistencia a compresión (en probeta arlita): 4 MPa	25	Asiento	7	2, reparados a posteriori

(1) Hormigón Blanco Moldes. Composición: cemento blanco CEMEX, áridos seleccionados y aditivos orgánicos.

(2) Hormigón Ligeró 4.0 Composición: cemento blanco CEMEX, áridos livianos y aditivos de última generación, reforzado con fibras.

(3) Hormigón Light Weight. Composición: cemento blanco ÇİMSA, áridos seleccionados y aditivos orgánicos.

[\*] Las restricciones de la fase aguda de la pandemia COVID19 impidieron la ejecución de prototipos en hormigón. Los tres que aquí se reflejan fueron ejecutados por los alumnos que pudieron hacerlo durante el taller de primer curso del semestre siguiente.

Fuente: Elaboración propia (2023)

Las variaciones en la composición del material afectan al peso y la resistencia de las piezas, por lo que las distintas pruebas en cada edición requieren que los alumnos apliquen cálculos básicos para determinar el peso de su pieza, el tamaño que puede alcanzar, el grosor mínimo que puede obtener sin que se parta, cuánto puede aligerar su pieza, o dónde debería ponerle algo de armado para que no se rompa, etc. Este proceso va guiado por los profesores de Estructuras y Construcción del taller, que revisan los proyectos y asesoran para conseguir los mejores resultados para el diseño del alumno. Además, cuando es posible, se realizan probetas de prueba para testar la resistencia del material que se utilizará. Se muestra aquí como ejemplo las pruebas realizadas en el laboratorio de materiales para ver la resistencia del hormigón aligerado con arlita, previo a su utilización. (Fig.1)

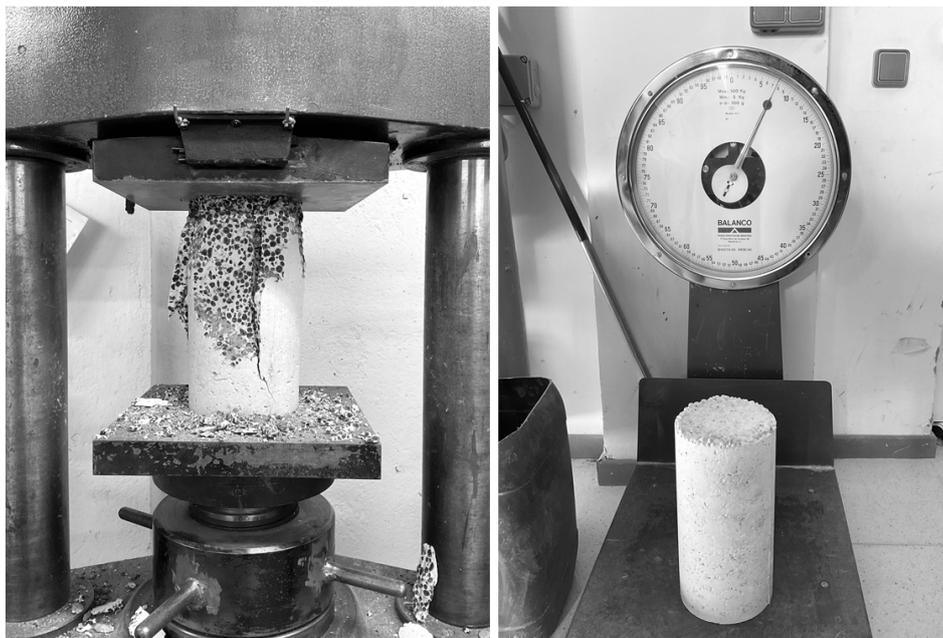


Fig. 1 Probetas para pruebas de peso y resistencia de hormigón aligerado con arlita. Fuente: Elaboración propia (2023)

La colaboración con la constructora brinda a los alumnos una experiencia muy enriquecedora, puesto que se trabaja con una empresa en un contexto real, para resolver retos y necesidades de mercado. Además, les introduce de forma práctica en la investigación e innovación de materiales y técnicas.

## Prototipo 1:1

El resultado final del taller es un prototipo construido en hormigón a escala 1:1.

En una formación académica en la que los resultados habitualmente se muestran de forma literaria o por modelos escalados o virtuales, la fabricación de un prototipo a tamaño real resulta fundamental. La escala 1:1 lo vincula directamente con el cuerpo, conectando la producción del estudiante con su experimentación en primera persona. Además, el uso del hormigón requiere trabajar a escala real, puesto que el material tiene unas propiedades físicas y unos requerimientos técnicos que a otra escala no funcionan.

No se trata de diseñar un modelo y realizar una maqueta en hormigón, sino de construir un prototipo. La construcción del prototipo implica solucionar el salto a la realidad y resolver el proceso constructivo (Soriano, 2019). Esto es precisamente lo que plantea el taller: en una primera fase se diseña una pieza, de la que se realiza un modelo virtual y una maqueta, pero es en la segunda fase donde debe convertirse en prototipo. Y de hormigón. Ahí el alumno debe tomar decisiones para que su modelo pueda convertirse en una realidad, en base al proceso constructivo, las propiedades del material, las opciones que ofrece el mercado, o los medios constructivos a los que tiene acceso. Es decir, el alumno debe redimensionar el objeto, calculando grosores y pesos reales, pensar la geometría y cómo va a obtenerla con un encofrado, diseñar este encofrado con materiales y técnicas a su alcance, etc. Estas decisiones modifican el modelo, adaptando el diseño para que integre todos los requerimientos de su producción, de modo que experimentan *“un momento crucial del trabajo de un arquitecto, marcando el paso de la fase abstracta a la constructiva”* (Bru y Theriot, 2018).

Por otra parte, el prototipo es siempre un ensayo, “una versión Beta”. Está implícita la condición de prueba, el carácter experimental, pues el objetivo es precisamente verificar si las decisiones tomadas funcionan. Con la construcción de los prototipos del taller se evalúa su viabilidad, y se extraen conclusiones: sobre los materiales utilizados en el encofrado y el acabado que se ha obtenido; sobre la geometría y resistencia del encofrado, si ha aguantado bien los empujes del fraguado o ha colapsado; sobre la relación entre el grosor y la resistencia de las piezas, si se fractura y por qué; sobre el aligeramiento; sobre la geometría resultante; sobre el color o el tratamiento que se haya dado al material... Se pone de manifiesto cómo *“un prototipo debería ser, al mismo tiempo, una pregunta y una respuesta”* (Burry, 2017), una hipótesis que se verifica o no al construirla.

Por eso, el prototipo tiene carácter experimental, estando sujeto a que el resultado a veces no sea satisfactorio o que durante el proceso aparezcan fallos. Permite al estudiante explorar, asumir riesgos, cometer errores y pensar cómo solucionarlos. Este es el mayor aprendizaje, y se refleja en el comentario habitual de los estudiantes que terminan el curso con una lista de cosas que cambiarían o evitarían “si lo volvieran a hacer”.



Fig. 2 Prototipos de asiento, resultados del curso 2023. Fuente: Elaboración propia (2023)

## Metodología y proceso

El planteamiento transversal del curso permite a los alumnos ensayar un proceso constructivo completo que los acerca a la práctica profesional, partiendo de la ideación del proyecto, la puesta en obra y el resultado final. Se trata de que adquieran los conocimientos técnicos de forma práctica y aplicada (Metodología de Aprendizaje Activo), para solucionar problemas concretos de un proyecto propio, lo cual favorece su asimilación. De igual modo, con la construcción del prototipo toman conciencia del reto que supone pasar del papel a la obra (Design/Build), así como investigan para resolver los problemas de fabricación de su proyecto (Aprendizaje basado en Investigación). Los alumnos diseñan y desarrollan una solución a un enunciado de forma individual, y en equipo (Metodología Trabajo en Equipo), sobre las propuestas seleccionadas, realizan el experimento (prototipo) para comprobarlo y posteriormente comunicarlo.

La metodología y la organización del taller van en paralelo con el proceso necesario para el desarrollo del prototipo. Se aprende haciendo (Metodología Learning by Doing) a través de un ejercicio práctico que incluye todas las fases: desarrollo de la idea creativa (proyecto básico), diseño y fabricación del encofrado necesario, ejecución de la construcción del prototipo (hormigonado y desencofrado) y comunicación de los resultados (documentación gráfica).

### 1. Idea: Concept Design

Consiste en el desarrollo de la idea creativa como respuesta al reto propuesto en el enunciado del curso. Esta primera fase se aborda individualmente. Desde el principio, son conscientes de que se trata de un proyecto en hormigón, por lo que las cualidades específicas del material son potenciales ideas generadoras del proyecto, o un punto de partida de éste. El alumno presenta su propuesta final con un modelo virtual en 3D y una maqueta de idea.



Fig. 3 Entrega de ideas. Proyecto de asiento en hormigón. Curso 2023. Fuente: Elaboración propia (2023)

La etapa de diseño va guiada principalmente por los profesores de proyectos, y se acompaña de clases teóricas de Construcción y Estructuras donde se abordan cuestiones generales del hormigón: historia de su desarrollo, su composición y variaciones clave que se pueden realizar (junto con pruebas básicas de laboratorio, cuando es posible), cálculos básicos de dimensionado, peso y resistencia, retos a los que se enfrenta hoy en día, además de ejemplos y referencias de obras con uso innovador del material.

## 2. Diseño y fabricación del encofrado

Consiste en el diseño y la ejecución del encofrado necesario para la construcción del prototipo. Se seleccionan las mejores propuestas de diseño y se forman equipos para desarrollarlas. En este punto, se adentran en el momento clave en el que deben pasar del modelo abstracto a la realidad, poniendo en práctica los conocimientos de proyecto, construcción y estructura necesarios para la ejecución de su propuesta. Es un proceso que dura una o dos semanas, en el que realizan cálculos, replantean la propuesta, y modifican los aspectos necesarios del modelo para que éste pueda construirse, orientados por los profesores responsables de cada materia.

Seguidamente, planifican y diseñan el encofrado necesario para poder hormigonar su prototipo, eligen materiales y sistemas constructivos y pasan a construirlo en el taller. La materialización del encofrado es un gran reto para los estudiantes, que tienen que calcular, buscar el material y enfrentarse al proceso constructivo y herramientas necesarias para montarlo. Es un trabajo manual que lleva varias semanas, implica precisión, organización y anticipación de la fase de desencofrado para la resolución de problemas.

Para el encofrado se aconsejan materiales de fácil acceso y manipulación en la escuela de arquitectura, por lo que habitualmente se trabaja con madera, poliestireno extruido y variantes similares, cartón, textiles o plásticos. Se les facilita, también, el uso de las herramientas del

taller de maquetas y máquinas como el hilo caliente y la fresadora para agilizar los cortes. Los alumnos se meten de lleno y “se manchan las manos” manipulando y montando; para muchos siendo la primera vez en la carrera universitaria que ponen tornillos, sierran, cortan y construyen algo que no sean maquetas.

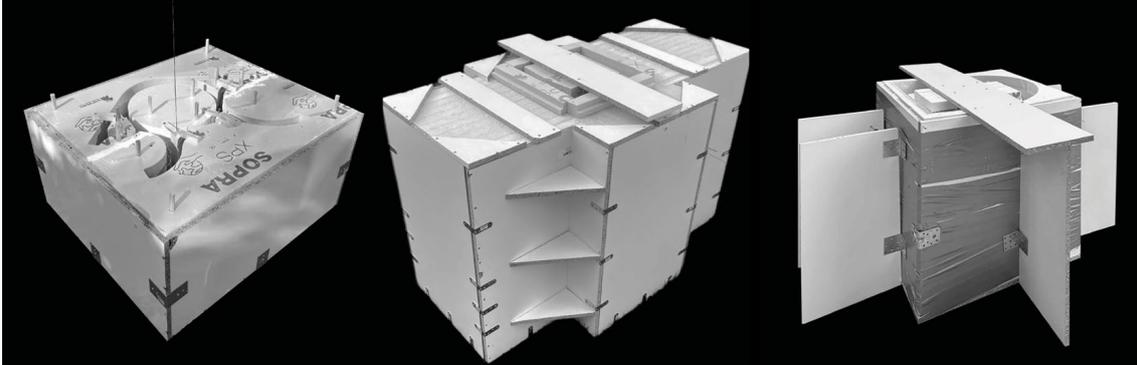


Fig. 4 Tres encofrados para asientos. Fuente: Elaboración propia (2023)

### 3. Ejecución de la construcción del prototipo

Consiste básicamente en el hormigonado y posterior desencofrado del prototipo. El hormigonado se realiza en una única jornada lectiva, en un espacio exterior de la escuela, acompañados por los técnicos de soporte de la empresa constructora que colabora con el taller.

Se fabrica in situ el hormigón con explicaciones y participación de los propios alumnos, con la consistencia y aditivos necesarios para cada pieza, poniendo de manifiesto las variaciones de la composición del hormigón. Se hacen tongadas diferentes: para las piezas muy finas una mezcla más fluida, autonivelante, mientras que en otras se añaden fibras para reforzarlas, o arlita para aligerarlas.

Cada equipo hormigona su pieza, y es el momento clave en el que aparecen las primeras evidencias de fallo o éxito de los encofrados. En ocasiones, hay que reparar los encofrados que empiezan a colapsar ante el empuje del hormigón por no haberse ejecutado correctamente e intentar salvar los prototipos.

Una semana más tarde, se inicia el desencofrado de las piezas y se trabaja en la limpieza y tratamiento final del prototipo obtenido.



Fig. 5 Jornada de hormigonado. Fuente: Elaboración propia (2023)

#### 4. Comunicación de los resultados

Como experimento construido, el prototipo resultante es en sí mismo un resultado. Sin embargo, se acompaña de una entrega de material gráfico (planos, fotografías y vídeos) que documentan el proceso y el resultado final.

Se realiza una documentación gráfica de calidad, con especial relevancia en detallar con planos, dibujos y detalles el proceso de encofrado de los prototipos, con la intención de producir una información verdaderamente útil para una hipotética nueva construcción del prototipo. Todo esto es imprescindible para la posterior publicación y difusión de los resultados.

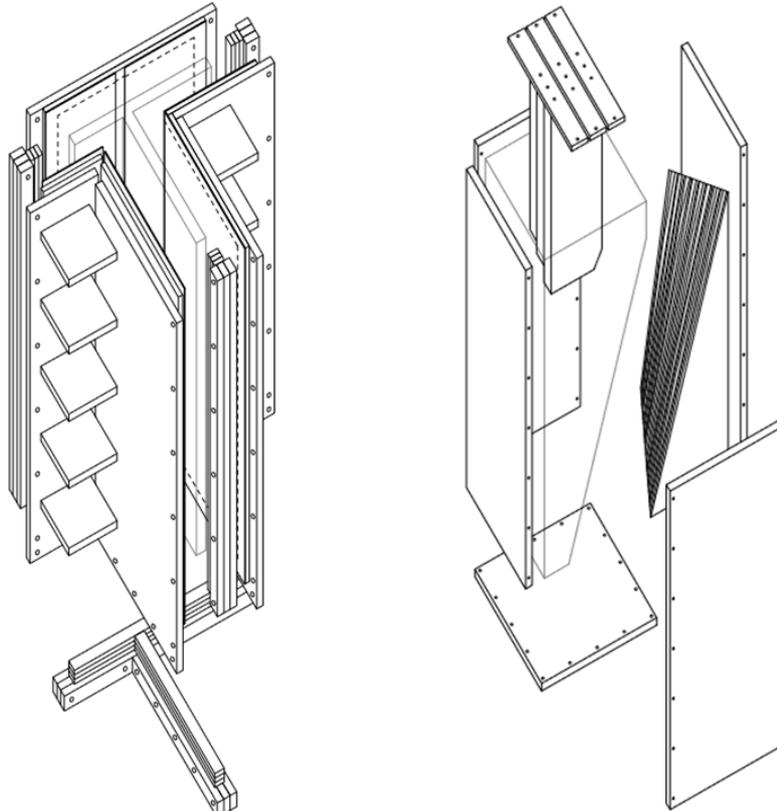


Fig. 6 Dibujo de dos encofrados de patas de mesa. Fuente: Elaboración propia (2019)

El taller de hormigón avanzado se ha llevado a cabo en cinco ediciones, que han permitido perfeccionar y afinar los temas propuestos y la dinámica del curso. En cada curso el equipo docente ha propuesto un enunciado distinto, con consideraciones similares, dependiendo del material utilizado y del número de alumnos. En general, el ejercicio planteado consiste en realizar una pieza de tamaño “mobiliario” en hormigón, que además de esta utilidad tenga interés en sí misma y plantee una investigación personal sobre alguna cualidad propia del hormigón: la geometría, la materia, la textura, etc. La evolución del taller se ve reflejada en los ejercicios propuestos, empezando primero por un objeto simplemente mobiliario – como un soporte o pata de mesa- a ser un objeto con una elevada vinculación con el cuerpo humano – como es un asiento. También, se ha pasado de un trabajo individual en las primeras ediciones a un trabajo en fases individual y de equipo en las dos últimas. Ésta fue una evolución natural ya que en las ediciones individuales los alumnos se apoyaron unos a otros en los trabajos particulares, generando una gran dinámica, y por ello en las últimas se planteó trabajar con propuestas individuales en la fase de idea, para después desarrollar y tomar decisiones como equipo sobre los proyectos seleccionados.

En los ejercicios, se establece una limitación de peso (70-80 kg) y/o tamaño para que sea manejable en el taller. Luego, los retos específicos de cada ejercicio plantean nuevos interrogantes. En el curso 2019 se realizaron soportes de mesa con un volumen máximo de 40x40x70 cm; en 2021, el uso de un material especialmente ligero permitió realizar mesas completas; en 2022 se abordó la construcción de puertas, con el requisito necesario de que pudieran desmontarse en partes; y en 2023 se ha iniciado una serie de asientos.

## Resultados

El resultado global del taller es una colección de prototipos en hormigón que se exponen al público en la escuela de arquitectura y otras instituciones profesionales, como el Colegio de Arquitectos o galerías comerciales privadas. Este acontecimiento público final supone un salto cualitativo para los estudiantes, viendo que sus trabajos de curso se convierten verdaderamente en prototipos construidos de interés para el público profesional, incluso comercial. Se establece así una relación directa entre el producto académico, fabricado en la universidad, cuyo proceso y características interesan también en el mundo profesional.



Fig. 7 Exposición en el Colegio de Arquitectos de los resultados del curso 2022. Fuente: elaboración propia (2022)

Además, se realiza una labor de divulgación académica pues cada año se publican los resultados de la investigación en la revista *En Hormigón*, especializada en este campo. El objetivo es dar a conocer el proceso constructivo de cada uno de los prototipos construidos, así como las innovaciones realizadas en cuanto a la composición del material o el desarrollo de los encofrados. Se trata de una documentación gráfica muy completa, junto a breves descripciones técnicas, que resulta esencial para la hipotética reproducción de los prototipos. Asimismo, el conjunto de publicaciones es un material docente excelente para los nuevos alumnos de la siguiente edición del taller.

El trabajo realizado durante las sucesivas ediciones, desde 2019 hasta 2023, y la calidad de sus resultados han hecho posible que este taller sea reconocido por la Universidad Politécnica de Madrid como Proyecto de Innovación Educativa en 2022.

## Bibliografía

- Barrios Padura, Ángela y Rosa Ana Jiménez Expósito, Antonio José Serrano-Jiménez. 2019. «Aprendiendo construcción mediante retos: despertando conciencias, construyendo intuiciones». En *VII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'19)*, coordinado por D. García Escudero y B. Bardí Milà. Barcelona: UPC IDP; GILDA, 2019. <https://doi.org/10.5821/jida.2019.8328>
- Bru, Stéphanie y Alexandre Theriot. 2018. "Framing the disorder". *2G*, 76: 154 -155.
- Burry, Jane y Mark Burry. 2016. *Prototyping for Architects*. London: Thames & Hudson Ltd.
- En Hormigón*. 2022. Nº 1, 2. Madrid: Cátedra Blanca Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. <http://polired.upm.es/index.php/enhormigon>
- Estepa Rubio, Antonio y Santiago Elía García. 2022. «Taller integrado. Gemelos digitales y fabricación a escala natural». En *X Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'22)*, coordinado por D. García Escudero y B. Bardí Milà. Barcelona: UPC IDP; GILDA, 2022. <https://doi.org/10.5821/jida.2022.11369>
- Muñoz González, Carmen y Jonathan Ruiz Jaramillo, María Isabel Alba Dorada, María Dolores Joyanes Díaz. 2019. «Metodología: "Aprende haciendo", aplicado al área de Construcciones Arquitectónicas». En *VII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'19)*, coordinado por D. García Escudero y B. Bardí Milà. Barcelona: UPC IDP; GILDA, 2019. <https://doi.org/10.5821/jida.2019.8332>
- Ramos Abengózar, José Antonio y Álvaro Moreno Hernández. 2019. «El sueño de la materia: el sueño del hormigón». Ponencia en *II Jornadas de Innovación Docente "El reto de la enseñanza transversal en las Escuelas de Arquitectura"*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, 18 junio 2019.
- Soriano Peláez, Federico y Silvia Colmenares Vilata, Eva Gil Lopesino, Eduardo Castillo Vinuesa. 2019. «Versiones Beta. El prototipado como herramienta de aprendizaje». En *VII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'19)*, coordinado por D. García Escudero y B. Bardí Milà. Barcelona: UPC IDP; GILDA, 2019. <https://doi.org/10.5821/jida.2019.8368>