

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

El Solar Decathlon América Latina y el Caribe 2019: una oportunidad para el desarrollo de actividades innovadoras de capacitación y aprendizaje

*Original*

El Solar Decathlon América Latina y el Caribe 2019: una oportunidad para el desarrollo de actividades innovadoras de capacitación y aprendizaje / Hernández-Correa, Carlos Alberto; Cuberos-Acevedo, Juan Carlos; Giordano, Roberto; Muñoz-Veloz, Mónica Alexandra; Savio, Lorenzo. - ELETTRONICO. - (2020), pp. 136-147. (Intervento presentato al convegno EDUMEET International Conference on Transfers for Innovation and Pedagogical Change 2020 tenutosi a Virtuale nel 4 dicembre 2020) [10.20868/UPM.book.66588].

*Availability:*

This version is available at: 11583/2956435 since: 2022-02-25T17:12:44Z

*Publisher:*

Ediciones Asimétricas

*Published*

DOI:10.20868/UPM.book.66588

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# EDUMEET

International Conference on Transfers for Innovation and Pedagogical Change 2020  
Suported by Programa Propio de I+D+i 2020. Universidad Politécnica de Madrid

## CONFERENCE PROCEEDINGS





-----  
El contenido científico y el estándar de los trabajos es responsabilidad exclusiva de los autores.

DOI 10.20868/UPM.book.66588.  
ISBN: 978-84-09-29327-8  
Co-Edición: DPA prints y Ediciones Asimétricas

Equipo Edumeet 2020: Paco Arqués, Rodrigo Delso, Enrique Espinosa, Carlos Hernández, Concha Lapayese, Paula Montoya, Arantza Ozaeta, Manuel Pascual, María Redondo, Jesús Ulargui.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad Politécnica de Madrid  
Avda. Juan de Herrera 4, 28040 Madrid

email: [edumeet@upm.es](mailto:edumeet@upm.es)  
Con apoyo del Programa

Propio de I+D+i 2020 de la Universidad Politécnica de Madrid  
Master en Proyectos Arquitectónicos Avanzados (MPAA).  
Departamento de Proyectos Arquitectónicos (DPA).  
Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá

**p'** ediciones **asimétricas**



# Edumeet International Conference on Transfers for Innovation and Pedagogical Change 2020

is organized by:

Departamento de Proyectos Arquitectónicos (DPA) . Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Universidad Politécnica de Madrid. Spain.

Suported by by Programa Propio de I+D+i 2020 Universidad Politécnica de Madrid

In collaboration with:

Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia.

## Directors

Jesús Ulargui - Universidad Politécnica de Madrid  
Carlos Hernández - Universidad Javeriana de Bogotá

## Organizer committee

Paco Arqués - Universidad Politécnica de Madrid  
Rodrigo Delso - Universidad Politécnica de Madrid  
Enrique Espinosa - Universidad Politécnica de Madrid  
Carlos Hernández - Universidad Javeriana de Bogotá  
Concha Lapayese - Universidad Politécnica de Madrid  
Paula Montoya - Universidad Politécnica de Madrid  
Arantza Ozaeta - Universidad Politécnica de Madrid  
Manuel Pascual - Universidad Politécnica de Madrid  
María Redondo - Universidad Politécnica de Madrid  
Jesús Ulargui - Universidad Politécnica de Madrid

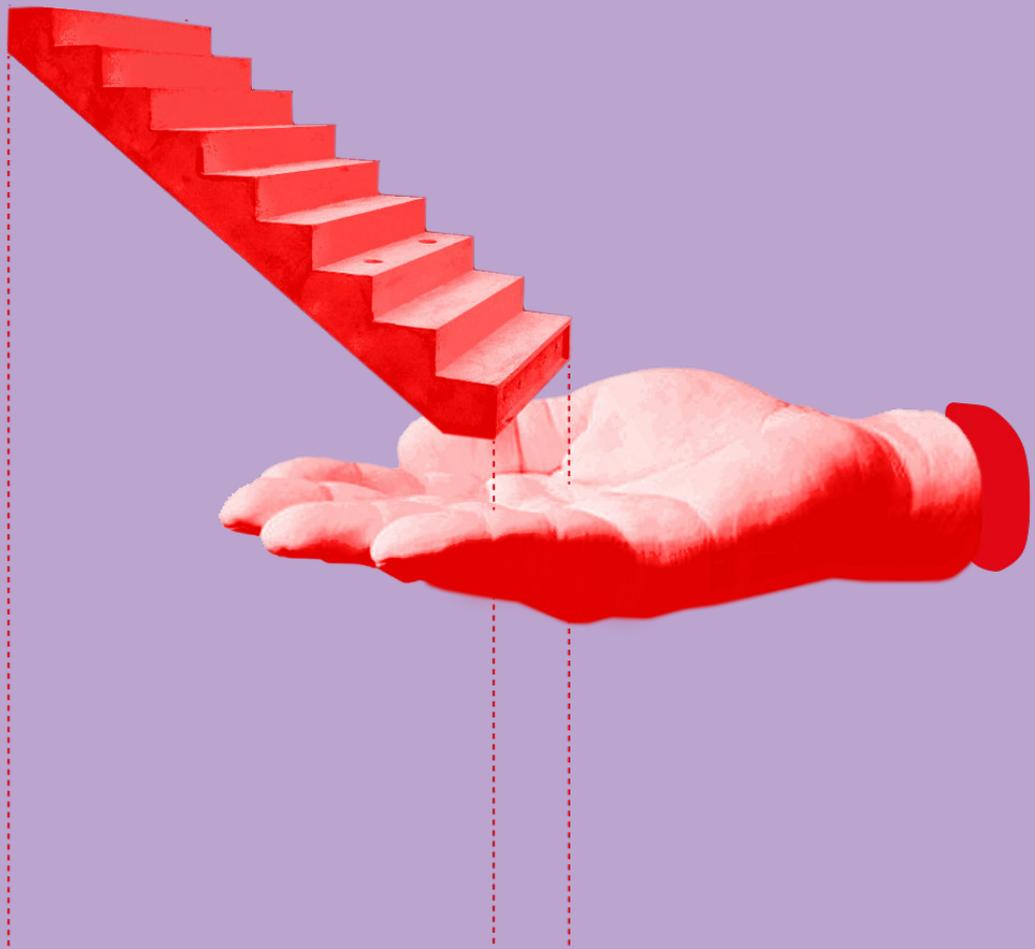
## Advisory committee

Atxu Amann - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Pilar Aznar - Universidad Politécnica de Valencia. Spain  
Berta Bardí - Universidad Politécnica de Catalunya. Spain  
Javier Echeverría - Universidad del País Vasco. Spain  
Marcos García - Medialab-Prado. Spain  
Antonio Lafuente - CSIC. Spain  
Berta Lázaro - Teamlabs. Universidad Mondragón. Spain  
Chema Lázaro - UNIR. Spain  
Nieves Mestre - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Enrique Nieto - Universidad Alicante. Spain  
Fernando Valladares - URJC & CSIC. Spain

## Scientific committee

Begoña de Abajo - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
José J. Alayón - Universidad Javeriana de Bogotá. Colombia  
Maite Borjabad - Art Institute of Chicago. USA  
Ignacio Borrego - Technische Universität Berlin. Germany  
Nerea Calvillo - University of Warwick. UK  
Lluis A. Casanovas - Princeton University. USA  
Silvia Colmenares - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Jorge Cruz Pinto - Universidad Tecnica de Lisboa. Portugal  
David Cuartielles - Malmö University. Sweden  
Elena Cuerda - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Javier Echeverría - Universidad del País Vasco. Spain  
Juan Elvira - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Carmen Espejel - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Lucía G<sup>a</sup> de Jalón - Ecole Polytechnique Federale Lausanne. Switzerland  
Daniel G<sup>a</sup>-Escudero - Universidad Politécnica de Catalunya. Spain  
Diego García-Setién - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Manuel Gausa - Università degli Studi di Genova. Italy  
Manuel J. Gazapo - International Security Observatory. Spain  
Eva Gil - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Ester Gisbert - Universidad de Alicante. Spain  
Magdalini Grigoriadou - University of Thessaly. Greece  
Mattias Kärrholm - Lund University. Sweden  
Julien Lafontaine - Ecole

Polytechnique Federale Lausanne. Switzerland  
Antonio Lafuente - CSIC. Spain  
Concha Lapayese - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Berta Lázaro - Teamlabs. Universidad de Mondragón. Spain  
Felipe C. Londoño - Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombia  
Emilio Luque - UNED. Spain  
Arantzazu Luzárraga - Universidad del País Vasco. Spain  
Miguel Mesa del Castillo - Universidad de Alicante. Spain  
Nieves Mestre - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Antonello Monaco - Università degli Studi di Roma. Italy  
Paula Montoya - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Javier Mosquera - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Darío Negueruela - Ecole Polytechnique Federale Lausanne. Switzerland  
Enrique Nieto - Universidad de Alicante. Spain  
Marina Otero - Het Nieuwe Instituut. Netherlands  
Arantza Ozaeta - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
José Pérez de Lama - Universidad de Sevilla. Spain  
Paulina Prieto - Lund University. Sweden  
Yenny A. Real - Universidad Javeriana de Bogotá. Colombia  
Almudena Ribot - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
Luis Rojo - Universidad Politécnica de Madrid. Spain  
José M<sup>a</sup> Torres Nadal - University of Technology Sydney. Australia  
Sandra C. Valbuena - Universidad Javeriana de Bogotá. Colombia  
Fernando Valladares - CSIC. Spain

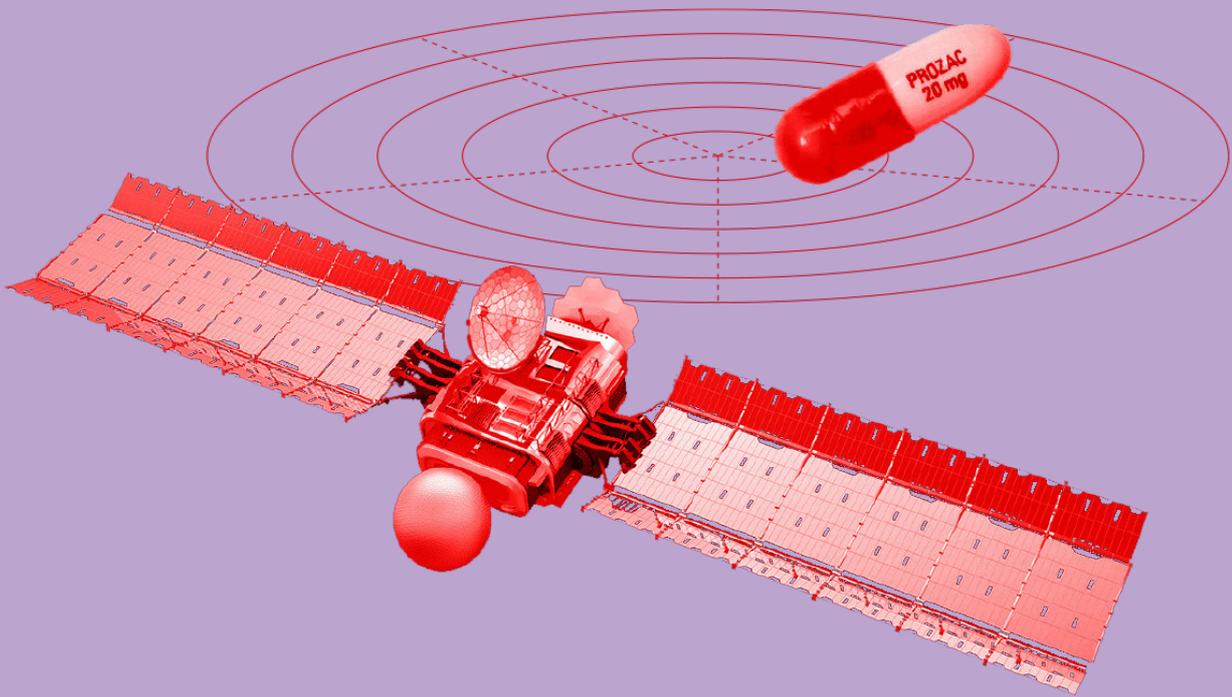


## CONTENTS

I	Edumeeet 2020. Congress Context and Research Lines	P. 9
1	Laboratorio remoto para prácticas con sensores de olor usando una nariz electrónica. Teresa Gracia Mayans y Daniel Galán Vicente	P. 10
2	La formación y las actividades de los programas de doctorado en tiempos de pandemia. Hannia González Urango, Carmen Corona Sobrino e Iván Ligardo Herrera	P. 22
3	Desarrollo de un protocolo de interoperabilidad remota con ROS. Jaime Nieto Serrano y Daniel Galán Vicente	P. 38
4	Cartografía de experiencias críticas en el aprendizaje de la arquitectura. Juan Carlos González Ortíz	P. 54
5	El Role-Playing como estrategia para la enseñanza de la desigualdad de género en la educación superior. Carmen Corona Sobrino	P. 66
6	Friction in fiction: Writing the future. James Soane	P. 76
7	Prácticas espaciales indígenas en la contemporaneidad: al encuentro de un cruce de saberes descolonizado. María Ayara Mendo Pérez	P. 86
8	La Responsabilidad Social Universitaria en las Escuelas de Arquitectura de Quito – Ecuador. Arquitectura CON la Comunidad y el Arquitecto Intérprete. Renato Sebatían Ríos Mantilla	P. 98
9	Emprendimiento como factor dinamizador en la educación. Karen Corbett Lagos	P. 110
10	Incorporación de herramientas de dibujo a mano alzada en un curso de Aprendizaje Basado en Proyectos: Estudio de caso con el diseño de un micro vehículo aéreo pilotado a distancia. Alfonso Martín Erro, Angel Antonio Rodríguez Sevillano, MaríaLuis Martínez Muneta y Silvia Nuere	P. 120

11	El solar Decathlon América Latina y el Caribe 2019, una oportunidad para el desarrollo de actividades innovadoras de capacitación y aprendizaje. Carlos Alberto Hernández Correa, Roberto Giordano, Mónica Alexandra Muñoz Veloza, Lorenzo Savio, Juan Carlos Cuberos Acevedo	P. 136
12	La palabra del proyecto. Ana Patricia Minguito García	P. 148
13	Interculturalidad y diseño, apuntes de un desafío pedagógico. Fernando Luis Martínez Nespral y Julietta Perrotti Poggio	P. 164
14	Estuario epistemológico. Amaia Sanchez Velasco, Jorge Valiente Oriol, Gonzalo Valiente y Miguel Rodríguez-Casellas	P. 176
15	Hacia un ecosistema de aprendizaje. Especulaciones sobre el futuro de los aprendizajes. Berta Gutierrez Casaos	P. 192
16	(Sin)crónicas. Reflexiones virtuales sobre el devenir de la enseñanza proyectual. Macarena Barrientos Días, Jose Luis Llano Loyola y Jessica Fuentealba Quilodrán	P. 206
17	Cognosci-ON: Generación y asimilación del conocimiento (Cognos) a través de la activación científica (Sci-ON) en asignaturas vinculadas a la ingeniería geológica y minera. Carlos Paredes Bartolomé, Ricardo Castelo Ruiz, Rogelio de la Vega Panizo y José Eugenio Ortiz Menendez	P. 218
18	Espacios en construcción. Rewind Project, un manual de instrucciones. Franca Alexandra Sonntag y Ricardo Montoro Coso	P. 230
19	Fundamentalista, no arquitectx. César Cañadas	P. 240
20	Prácticas educativas en Oikeiôlogía. Christina Serifi.	P. 254
21	'Game Boards'. Soportes urbanos para procesos sociales.. Luis Palacios, Enrique Arenas Laorga, Luis Basabe Montalvo y Silvia Muñoz Torija.	P. 262

22	Modelo educativo radical.	P. 276
	Fernando Meneses, Guillermo I. López Domínguez, Ivette González Carrasco y Andrea Cecilia Guillot Marín.	
23	Tecnología con superpoderes: Proyectos colaborativos de ApS.	P. 290
	Francisco A. Díaz Montero y Consuelo Fernández Jiménez	
24	Cualquier espacio es el lugar.	P. 302
	Erica Soler Casanovas	
25	Blockchain como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de Ingeniería Telemática.	P. 310
	Jesús Rodríguez Molina, Margarita Martínez Núñez, Ana Belén García Hernández y Hugo A. Parada G.	
26	Critical realism or the optics of architecture: A renewed contract for architecture.	P. 324
	Marcelo López Dinardi.	
27	What is wrong with architectural education today? On Attempts to Redefine Architectural Pedagogy	P. 332
	Natasa Lekkou y Mariza Daouti	
28	Efecto de las técnicas de gamificación en la implicación de los estudiantes de ingeniería en el aprendizaje en clase.	P. 352
	Daniel Barba, María Vega Aguirre Cebián y Conrado Luis	



**The Edumeet Conference is a space-time to share transferable experiences that allow us to rethink the future of education and the university, establishing a new contract with the world. In its first edition, Edumeet proposes to look at our reality, in search of contexts where research and innovation is generated from any field: technology, science, design, collaboration or entrepreneurship, from any formal or informal practice. We believe that many present realities mean valuable conditions for improving the future learning, and that these useful experiences can be transferable.**

A conference that is more than a conference, in which we will also explore academic-experimental research formats.

We propose four lines of research in this first edition:

**1. Teaching-learning methodologies.**

What trends, tools, agencies and contexts anticipate the future of education?

We seek for research cases, experiences or projects that show new education paths.

**2. Transfers the real.**

What experiences outside of education can be crucial to positive change in university?

We look for new connections between real experiences and educative innovation. How can public/private/ social institutions empower new realities?

**3. Hybrid reality.**

What kind of new strategies dealing with on-site / online life can empower education?

We are curious about the potential of virtual tools in order to articulate new educative-learning spaces.

**4. Revolutions from/to the University.**

How is it possible to produce ecological or techno-social impact from the academy?

How can we build a renewed contract between the university

and the world?

**Edumeet conference 2020 took place in Madrid -ETSAM- (Universidad Politécnicade Madrid) and online, on 4th December 2020.**

The initial event, in a debate-workshop format, was conducted by Antonella Broglia. The event consisted of a dialogue and the construction of a collaborative cartography of Edumeet through two sessions. Each one of them started with some inspirational talks by Atxu Amann, Berta Lázaro, Felipe César Londoño, and Enrique Nieto, including also a panoramic selection of researches and experiences received at Edumeet about transfers, methodologies and revolutions that cross the futures of education, university and reality.

The scientific call of Edumeet received 39 research proposals. 34 of them were invited to evolve the papers in a second phase. We receive 28 full papers at the end, reviewed again by a double blind pair protocol. These 28 papers take part of these conference proceedings to be indexed.

## El Solar Decathlon América Latina y el Caribe 2019: una oportunidad para el desarrollo de actividades innovadoras de capacitación y aprendizaje

### The Solar Decathlon Latin America and Caribbean 2019: an opportunity for innovative training and learning activities development

Hernández-Correa, Carlos Alberto<sup>1</sup>; Cuberos-Acevedo, Juan Carlos<sup>1</sup>; Giordano, Roberto<sup>2</sup>; Muñoz-Veloza, Mónica Alexandra<sup>2</sup>; Savio, Lorenzo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Politecnico di Torino, Turín, Italia.

#### Resumen

El *Solar Decathlon*, en la edición para América Latina y el Caribe 2019 realizada en Cali (Colombia), fue un concurso internacional entre universidades que tuvo como objetivo proponer "viviendas sociales" accesibles. La participación en esta edición permitió la construcción de prototipos de vivienda interpretando las necesidades de los usuarios más "vulnerables", tratando de superar la criticidad del escenario actual latinoamericano en el cual la oferta de vivienda social no se adecúa a las necesidades reales de la población. La innovadora actividad docente propuesta por la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá y el Politecnico di Torino a través de la metodología *Project-Based Learning* (PBL), desempeñó un papel fundamental en esta experiencia. El documento presenta el desarrollo del proyecto de estas dos universidades para esta competencia, desde el punto de vista de las oportunidades de formación y educación de los estudiantes y ofrece una propuesta para mejorar las experiencias de PBL en relación con la construcción de prototipos 1:1 en las clases de arquitectura e ingeniería.

#### Abstract

The *Solar Decathlon Latin America and Caribbean 2019* held in Cali (Colombia), was an international competition between universities that aims to propose accessible "social housing". The participation in this edition, allowed the construction of housing prototypes interpreting the needs of the most "vulnerable" users, trying to overcome the criticality of the current Latin American scenario in which the supply of social housing does not meet the real needs of the population. The innovative teaching activity proposed by the Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá and the Politecnico di Torino through the *Project-Based Learning* (PBL) methodology, played a fundamental role in this experience. The document presents the development of the project for this competition, from the point of view of training and education opportunities for the students and makes a proposal to improve the PBL experiences in relation to the construction of 1:1 prototypes in the architecture and engineering classes.

**Keywords:** Solar Decathlon, Building construction studio, Social housing, Project-Based Learning, Innovative teaching activity

**Research line:** 1. Teaching-learning methodologies

## Introducción

La participación en la competencia *Solar Decathlon Latin America and Caribbean 2019* (SDLA&C2019) fue una experiencia compleja de formación e investigación entre la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá (PUJ) y el Politecnico di Torino. Durante más de dos años se contó con el trabajo de estudiantes, profesores, tutores, expertos técnicos y empresas privadas. Las experiencias de capacitación de los estudiantes para el SDLA&C2019 se han integrado en varios niveles: en los cursos curriculares, en tesis de grado, en talleres y eventos externos al calendario académico. El presente documento se centra únicamente en algunos de los resultados de la formación logrados: la experiencia de los estudiantes del curso Nuevos Territorios de la PUJ y la experiencia de inmersión total en la construcción del prototipo de vivienda a escala real en el marco de la competencia internacional.

Además de estos resultados "directos" y tangibles, es fundamental una reflexión general sobre los temas de la arquitectura sostenible, profundizada dentro del tema central del SDLA&C2019 sobre la vida social. Para el desarrollo del proyecto, el equipo de estudiantes y profesores tomaron conciencia de que el tema de la sostenibilidad debe seguir modelos coherentes y apropiados para el contexto. Importar e imponer modelos de "arquitectura sostenible" de otros contextos sin un examen crítico es peligroso y lleva a adoptar una escala de valores y prioridades equivocada y a tergiversar el significado más profundo de la sostenibilidad. Esta reflexión, "más allá del *Solar Decathlon*", ha sido objeto de debates entre alumnos y profesores y puede considerarse el resultado educativo más duradero: una cuestión abierta, inteligible, pero fundamental.

El equipo interuniversitario experimentó con una metodología original que permitió organizar las actividades de diseño de los estudiantes, comprometiéndolos a desarrollar en su totalidad el proyecto de "vivienda social" en estrecha colaboración con empresas y expertos que apoyaron la iniciativa no solo con materiales sino también con sus conocimientos, en un proceso que simuló una experiencia real profesional en todos sus aspectos.

El *Project-Based Learning* (PBL) fue la metodología usada, en la cual se proporciona a los estudiantes un desafío general u objetivo global y el proceso de aprendizaje implica el diseño y desarrollo de posibles soluciones. Los temas de sostenibilidad, que son la base del Solar Decathlon, y que se proponen en los Objetivos de Desarrollo Sostenible como "retos globales", están orientando fuertemente la dirección de la educación universitaria actual a nivel internacional. Sin embargo, para ser comprendidos y abordados correctamente, requieren procesos de aprendizaje innovadores que vayan más allá de la simple adquisición de conocimientos, estimulando el pensamiento crítico e interdisciplinario de los alumnos. El PBL se considera uno de los mejores métodos didácticos para abordar, en los cursos universitarios, los retos transversales de la sostenibilidad. Este método también está ganando terreno en las universidades de arquitectura sudamericanas, como demuestran, por ejemplo, los resultados del proyecto Citylab de la Comunidad Europea (Erasmus+, Acción Clave2, 2015-18).

El proyecto probó la introducción de módulos de enseñanza de PBL en cursos de arquitectura en 12 universidades sudamericanas, con el objetivo de innovar los modelos de aprendizaje tradicionales. En el proyecto, la eficacia del PBL en la mejora de los objetivos de aprendizaje quedó demostrada en los experimentos realizados, ya que no se entendió como un método o procedimiento estrictamente definido, sino como un enfoque

abierto, con diferentes posibilidades de interpretación y adaptabilidad. La participación en el *Solar Decathlon* permitió a los estudiantes experimentar el PBL en diferentes niveles:

- en el anteproyecto, haciendo que el grupo de estudiantes trabajara en el problema real para satisfacer las necesidades de un grupo demográfico específico en un contexto concreto;
- en el proyecto ejecutivo, en el cual los estudiantes han tenido que construir un verdadero diálogo con las empresas y los actores sociales involucrados para establecer una experiencia de construcción real;
- la obra, en la que los estudiantes se enfrentaron a todos los problemas específicos de la construcción con la oportunidad de pasar de la simulación en "papel" y en programas informáticos (el nivel máximo que suele alcanzarse en una experiencia de enseñanza avanzada en las escuelas de arquitectura) a la construcción de un edificio y las respectivas pruebas de funcionamiento en condiciones reales.

## 1. El proyecto de vivienda social

El proyecto para el SDLA&C2019 diseñado y construido en conjunto entre las dos universidades fue denominado "PEI Máquina Verde - El Arca". Este prototipo de vivienda aborda el tema de la edición 2019 del *Solar Decathlon* con un enfoque de diseño basado en la flexibilidad temporal de la vivienda, tanto en el uso cotidiano como en ciclos más largos, sobre la base de necesidades de los usuarios que cambian con el tiempo. Con el fin de garantizar la seguridad, la flexibilidad, la adaptabilidad y la eficiencia energética, pero al mismo tiempo un bajo impacto ambiental, la posibilidad de autoconstrucción parcial y el fácil mantenimiento a lo largo del tiempo, el proyecto se concibe como un "híbrido" entre las tecnologías de construcción industrializadas y las tecnologías tradicionales basadas en la artesanía. Esto refleja, de hecho, una característica común en la construcción de edificios en asentamientos informales y representa un tema de reflexión para abordar las intervenciones "formales" de vivienda social, en un intento de responder más adecuadamente a las necesidades y los modos de vida actuales.

La experiencia de construcción y las reglas de participación del concurso obligaron a los estudiantes a cambiar el enfoque típico del proyecto arquitectónico desarrollando necesariamente una orientación hacia la viabilidad real de las soluciones tecnológicas propuestas, teniendo que cambiar en muchas ocasiones las hipótesis del proyecto, incluidas las que se investigaron más a fondo desde el punto de vista del proyecto ejecutivo, debido a las necesidades prácticas e inmediatas relacionadas con el presupuesto, la posibilidad de encontrar los materiales dentro del tiempo previsto para la realización de las obras y las oportunidades de colaboración con los socios industriales que aparecieron a lo largo del proceso.

## 2. La experiencia didáctica

Si bien el proyecto para el SDLA&C2019 fue una experiencia de 2 años, este artículo se focaliza en las actividades de la última fase, es decir, el trabajo de los estudiantes del taller "Nuevos Territorios" de la PUJ, durante el segundo semestre del 2019, en el cual se finalizó el proyecto ejecutivo, se construyó el prototipo en el marco del concurso y, una vez construido, se realizó el monitoreo y análisis de las variables ambientales al interior de la vivienda.

La experiencia de entrenamiento se considera innovadora desde diferentes puntos de vista:

- la organización del trabajo de los estudiantes;
- la organización de los momentos de entrenamiento;
- la colaboración multidisciplinaria;
- el empoderamiento de los estudiantes;
- el nivel ejecutivo avanzado del proyecto final.

Los estudiantes de Nuevos Territorios partieron de un proyecto arquitectónico ya desarrollado por compañeros de semestres anteriores. La vivienda social PEI Maquina Verde – El Arca es una vivienda social que fue diseñada a partir del análisis de las necesidades de una familia de El Pozón, un barrio informal en la ciudad colombiana de Cartagena de Indias. El proyecto para esta vivienda combina tecnologías industrializadas -como la estructura de acero y el sistema fotovoltaico- con tecnologías artesanales -como los tejidos en la fachada y colectores solares autoconstruidos. Se trata de una vivienda sin barreras arquitectónicas lo cual la hace accesible a personas con movilidad reducida; es flexible en su uso diario -todo el mobiliario es móvil- y adaptable a las necesidades de los habitantes que puedan cambiar con el tiempo -como la ampliación de la unidad familiar. El proyecto tiene una composición modular con un patio central el cual es el fulcro de la vida social de la casa. También se caracteriza por el uso exclusivo de tecnologías secas - puede ser desensamblada- y la aplicación de principios bioclimáticos en el diseño.

La primera tarea de los estudiantes fue comprender el proyecto ya iniciado y las motivaciones teóricas, sociales y funcionales que lo sustentaban, para poder aplicar los mismos principios y hacer elecciones coherentes en el desarrollo del proyecto ejecutivo. Al centro de las actividades del curso estaba la transición de la escala urbana y arquitectónica -con diseños a escala 1:500 y 1:100- al nivel ejecutivo -con detalles 1:50 y 1:20. La clase se organizó como un estudio de arquitectura (Figura1). Esta elección organizativa, en comparación con un laboratorio tradicional en el que los estudiantes, individualmente o en grupos, trabajan en paralelo en alternativas de diseño con respecto a un tema de proyecto que es el mismo para todos, anula o atenúa la competencia recíproca y hace hincapié en la colaboración y la interdependencia entre las contribuciones individuales de diseño. En el estudio de arquitectura sólo hay un proyecto, se atribuyen tareas y responsabilidades a cada individuo y se multiplican los momentos de comparación con los demás, porque las diferentes alternativas exploradas deben converger en una única síntesis, resultado de una "inteligencia colectiva". Retomando en parte la lista de temas del SDLA&C2019, es decir, las categorías con las que se evaluaron las viviendas sociales en competición, se organizaron 10 grupos temáticos con 3 estudiantes cada uno. A cada grupo se le asignó un tema específico, con el objetivo de trabajar en paralelo para resolver problemas de una manera holística sin olvidar la integración con el proyecto en su conjunto -por ejemplo ¿cómo se organiza una planta de evacuación de agua? ¿Cómo se debe dimensionar el sistema fotovoltaico?, etc. Esto requirió una constante comparación cruzada para resolver conflictos e inconvenientes en la integración arquitectónica de todos los componentes y sistemas - por ejemplo ¿interfiere la posición de los sistemas hidráulico y eléctrico con la posición del mobiliario y la estructura?



Fig. 1 Clase como estudio de arquitectura. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde -El Arca (2019)

Con esta organización general, los momentos de formación siempre tuvieron lugar de una manera colegiada, comentando los progresos de cada grupo en un debate abierto y a través de seminarios temáticos. Se invitó a expertos técnicos del sector de la construcción, que fueron consultados por la clase, para explicar las tecnologías y alternativas del mercado y seleccionar las mejores soluciones, por ejemplo, para las ventanas y puertas, el tratamiento de los componentes de madera, la forma de instalar las placas de cubierta corrugada y otros temas específicos. Además de las sesiones de formación colegial, los profesores siempre estuvieron disponibles a solucionar las dudas de los grupos sobre temas puntuales del diseño del proyecto como la verificación del control y protección solar de las ventanas, la conexión de los marcos de las ventanas a la estructura, la apertura del brise-soleil, el sistema de levantamiento de las cubiertas laterales para el uso de los espacios del ático para mantener la posibilidad de recoger el agua de lluvia, etc(Figura 2).



Fig. 2 Sesiones de clase con expertos. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde -El Arca (2019)

Como se ha mencionado, uno de los puntos fuertes de PEI Máquina Verde - El Arca es el uso de tecnologías tradicionales, como el tejido utilizado para los brise-soleil. De hecho, un momento importante de la formación fue el taller de tejido organizado durante el curso. En este se invitó a un experto artesano que enseñó a los estudiantes a tejer diferentes tipos de fibras vegetales (Figura 3). Esta profundización "práctica" sobre una actividad que comúnmente no forma parte de la obra del arquitecto, permitió a los estudiantes comprender el potencial creativo del tejido y, en general, los elementos tradicionales que pueden realizarse a través de la autoconstrucción. Durante el taller,

gracias al estímulo de tener los materiales en sus manos, los estudiantes exploraron numerosas posibles aplicaciones del tejido: para cielorrasos, la creación de muebles, reflectores para lámparas, entre otros. Si bien algunas de estas hipótesis no fueron incluidas en el diseño final de casa, han sido parte del proceso creativo y por lo tanto formativo.



Fig. 3 Talleres de tejidos con fibras naturales junto a expertos artesanos. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde – El Arca (2019)

Al igual que en una experiencia profesional real, los grupos de trabajo tuvieron que tratar con expertos de diversas disciplinas, aprendiendo no a sustituirse a sí mismos, sino a dialogar con otros profesionales que trabajan en el sector de la construcción. Por ejemplo, el grupo de estructuras tuvo que aprender del ingeniero civil cómo funciona el esqueleto de acero de la casa, las fases de montaje y la construcción de cimientos de concreto armado prefabricados; el grupo de energía -en el que también participó un estudiante de ingeniería- aprendió los criterios de dimensionamiento de las instalaciones, la evaluación de rendimiento energético, hasta el estudio del diseño de iluminación.

En comparación con una actividad normal de taller de arquitectura, se dio a los estudiantes una responsabilidad considerable en las diferentes partes del proyecto confiadas a los grupos. Par la coordinación de los grupos se organizó una plataforma en Trello -un software para la administración de proyectos- accesible a todos los estudiantes y profesores, con secciones dedicadas a cada uno de los grupos. Para el buen funcionamiento del proyecto, cada grupo tenía la responsabilidad de mantener actualizados sus propios trabajos gráficos y los resultados de los avances intermedios, controlando los resultados de los demás grupos y verificando constantemente que las contribuciones individuales se integraran y fueran compatibles con el resto del proyecto. Cada grupo se encargó de la realización de los trabajos gráficos detallados de uno o más sistemas tecnológicos y de la redacción del capítulo correspondiente del Manual del Proyecto, documento oficial requerido por la competición. Gracias a esta organización, el proyecto ejecutivo de cada grupo pudo ser definido -y controlado- de manera exhaustiva, incluyendo especificaciones necesarias para la elaboración de presupuestos y la compra de materiales, equipos y componentes.

### 3. Entre el *Project-Based Learning* y el *Learning by Doing*

La experiencia del curso Nuevos Territorios se basó en la metodología de enseñanza Problem-Based Learning (PBL). En el PBL, los estudiantes aprenden activamente partiendo de un proyecto complejo, que se puede descomponer en un sistema de sub-problemas directamente relacionados con la práctica profesional. Aunque el PBL engloba una variedad de métodos de aprendizaje, hay algunas características recurrentes (De Graaff y Cowdroy, 1997), (Ornés Vasquez y Lara, 2020):

- los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje;
- los problemas sólo pueden ser resueltos a través de la cooperación, los estudiantes no tienen una posición competitiva;
- la adquisición de los conocimientos necesarios es activa, los estudiantes deben entender primero qué tipo de conocimientos y habilidades necesitan;
- tiene una orientación holística a la práctica profesional;
- hay integración de conocimientos de diferentes disciplinas;
- se estimula a los estudiantes a construir su propia metodología y a reconocer los contextos -problemas similares- en los que pueden aplicarla.
- se promueve la capacidad de análisis crítico, el trabajo en equipo y la creación de consenso frente a problemas complejos.

Se reconoce en el curso, además del desarrollo de una actividad fundamental para la fase posterior de construcción de la vivienda social, una validez didáctica y formativa independiente ya que los estudiantes desarrollaron una variedad de propuestas de proyectos, alcanzando diferentes niveles de madurez y aplicabilidad real. Por razones prácticas, para pasar a la fase de construcción, fue necesario realizar una selección crítica de las propuestas en colaboración con profesores y tutores. Sin embargo, desde el punto de vista educativo, todo el trabajo realizado y la misma selección crítica de las soluciones tecnológicas planteadas por los estudiantes, constituyeron una experiencia de aprendizaje eficaz. Los puntos fuertes y las limitaciones de las propuestas surgieron espontáneamente, justificados por las oportunidades reales, la disponibilidad de recursos económicos, la búsqueda de conocimientos técnicos y el apoyo de las empresas y no por un juicio top-down del profesor, que a menudo puede ser malinterpretado o incomprendido por los estudiantes de los cursos de arquitectura.

Si la palabra clave que mejor resume esta fase del proyecto es *Project-Based Learning*, la siguiente fase -la obra en la Villa Solar<sup>1</sup>- puede identificarse con el *Learning by Doing*. La aplicación del *Project-Based Learning* y del *Learning by Doing* ha previsto las siguientes etapas:

- el aprovisionamiento de materiales y componentes de construcción, incluidos por ejemplo los tejidos para los cerramientos, los cuales caracterizan fuertemente la fachada del proyecto;
- la capacitación a la construcción en altura por parte de todos los estudiantes, profesores y tutores, con el aprendizaje de las normas y técnicas para el uso correcto de los dispositivos de seguridad y protección personal en obra;
- la construcción de componentes y sistemas por parte de los estudiantes: los cimientos de concreto armado construidos en el laboratorio de la PUJ bajo la supervisión de los técnicos y el diseñador estructural, las ventanas y puertas ensambladas bajo la supervisión del técnico del proveedor, los marcos de acero

---

<sup>1</sup> La Villa Solar es el nombre del lugar donde tiene lugar la competencia *Solar Decathlon* y donde cada equipo construye su prototipo de vivienda.

pintado de los cerramientos, los marcos para la construcción de los colectores solares, etc.(Figura 4);

- el ensamblaje de la estructura de acero, fundamental para testarla y para que los estudiantes aprendieran la técnica de trabajo antes del inicio de la obra en Cali;
- el ensamblaje de los principales componentes tecnológicos como, por ejemplo, la cubierta de láminas de PVC, lo que permitió verificar el diseño ejecutivo y corregir los problemas que surgieron en la transición del proyecto ejecutivo a la práctica constructiva;
- la organización de la logística del sitio de la obra en la Villa Solar, incluyendo el transporte de Bogotá a Cali, el almacenamiento del material, la organización de los turnos y los equipos de trabajo y la seguridad de la obra -siempre siguiendo las reglas de la competencia- y las responsabilidades asignadas a los estudiantes.
- finalmente, la realización de la obra según el calendario y las reglas establecidas por el concurso en la Villa Solar, dentro de la Universidad del Valle en Cali la cual fue la anfitriona de esta edición.



Fig. 4 Construcción de cimientos. Laboratorio PUJ. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde -El Arca (2019)

En la fase de construcción surgió el papel fundamental de la “sala de control” del grupo de docentes, quienes coordinaron todas las etapas, poniendo de manifiesto un hecho a menudo subestimado por los estudiantes de arquitectura y un poco descuidado en los cursos académicos: además de un buen proyecto, el éxito de una obra radica en la logística, la organización y la eficacia de la coordinación. En la construcción del prototipo participaron los estudiantes de Nuevos Territorios y el cuerpo docente del curso, un grupo de otros estudiantes más maduros que habían participado en otras fases anteriores del proyecto, estudiantes y profesores del Politecnico di Torino que habían colaborado desde Italia en las evaluaciones de sostenibilidad del proyecto, y expertos técnicos de algunas de las empresas que apoyaron el proyecto. La obra duró aproximadamente un mes con turnos de trabajo diurnos y nocturnos -siempre siguiendo las normas de seguridad del concurso- y vio el compromiso constante de todo el equipo. La obra fue una experiencia compleja de la cual se pueden hacer muchas consideraciones desde el punto de vista de la capacitación de los participantes. Algunas de estas observaciones se presentan a continuación:

- al igual que en la fase de proyecto ejecutivo, en la obra hubo diferentes niveles de participación y compromiso por parte de los alumnos, aunque la complejidad y variedad de las actividades a realizar permitieron que cada uno se forjara su propio papel, basado en sus diferentes aptitudes;

- en algunos casos, surgieron contribuciones fundamentales de estudiantes que habían obtenido resultados más inciertos en la fase de proyecto ejecutivo. La oportunidad de tener experiencias distintas de la enseñanza en el aula se considera fundamental en el proceso de maduración de un joven arquitecto, profesión que se destaca por la heterogeneidad de funciones, intereses y especializaciones que pueden cubrirse y cultivarse después de terminar los estudios universitarios;
- la construcción del prototipo puso de manifiesto algunos problemas prácticos que no habían surgido o habían sido subestimados en la fase de proyecto ejecutivo, como suele ocurrir en la profesión. Esto obligó a los estudiantes a encontrar soluciones rápidas, eficaces y eficientes con los medios materiales, humanos y económicos disponibles o fácilmente obtenibles. Ante estos problemas "prácticos", los estudiantes aprendieron la lección fundamental de diseñar teniendo en cuenta la viabilidad real de las soluciones tecnológicas, una debilidad que a menudo se encuentra en los proyectos de los cursos académicos.
- Por último, la obra fue una gran experiencia de construcción y trabajo en equipo ya que el resultado alcanzado sólo se pudo lograr con el compromiso de todo el grupo (Figura 5).



Fig. 5 Construcción en equipo. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde -El Arca (2019)

Después de la construcción del prototipo, la apertura de la Villa Solar al público, la presentación de la obra al jurado del concurso, el monitoreo del funcionamiento de la vivienda, la visita a las otras casas y los momentos de compartir con otros equipos internacionales completaron la gran experiencia de aprendizaje. Los resultados obtenidos en el SDLA&C2019 fueron una gran recompensa por el gran compromiso del equipo. PEI Máquina Verde - El Arca obtuvo 2 primeros premios en las categorías "Ingeniería y Construcción" y "Diseño Urbano y Asequibilidad", 4 segundos premios en las categorías "Arquitectura", "Innovación", "Eficiencia Energética", "Consumo de Energía" y un tercer premio en la categoría "Comunicación, marketing y conciencia social", para un total de 7 premios en las 10 categorías evaluadas y clasificándose segundo en la competición general (Figura 6).



Fig. 6 Construcción en equipo. Fuente: Equipo PEI Máquina Verde -El Arca (2019)

#### 4. Más allá del *Solar Decathlon*: una reflexión acerca de la educación y la investigación sobre la arquitectura sostenible en América Latina

En América Latina se pueden encontrar diversas comunidades y etnias con antecedentes e historias diferentes y localizadas en contextos geográficos distintos. A lo largo y ancho del territorio americano, esta heterogeneidad de culturas se manifiesta a través de comportamientos colectivos, espacios físicos, rituales, símbolos y tradiciones locales. En otras palabras, la cultura “aunque no es física, no es una entidad oculta” (Geertz, 2003).<sup>2</sup>

Una de las manifestaciones de la cultura es la arquitectura, lo cual se puede apreciar aún en los centros históricos de muchas ciudades o en la arquitectura rural tradicional de contextos locales. Desafortunadamente, en la ciudad contemporánea, toda la diversidad y riqueza cultural del continente ha sido ignorada y hegemonizada progresivamente por el modelo predominante de la ciudad formal, es decir, la ciudad diseñada y construida por los profesionales. El conjunto cerrado (*gated community* en inglés), por ejemplo, desde finales del siglo pasado se ha convertido en el modelo de expansión urbana prevalente y la tipología residencial preferida de las clases sociales media y alta: edificios altos y uso de materiales modernos como el concreto, el vidrio y el acero.

Este “epistemicidio” (De Sousa Santos, 2010)<sup>3</sup> se manifiesta también en los asentamientos informales, donde la autoconstrucción representa la principal solución de las personas de bajos ingresos para poder tener una casa propia. De hecho, muchas veces esta práctica ya hacía parte de la cultura rural de quien llega a vivir a la ciudad buscando una mejor calidad de vida. Sin embargo, en este caso, las condiciones de emergencia, la globalización y la estandarización de las técnicas y los materiales de construcción, junto con una idea generalizada (y muchas veces errónea) de progreso, han sido los catalizadores de la actual homologación tipológica y tecnológica de los procesos autoconstructivos tradicionales que, en contextos rurales, respondían a las necesidades de los habitantes adaptándose al entorno local, pero que han pasado a ser insignificantes en los asentamientos informales.

<sup>2</sup> Geertz, C. 2003. Según Clifford Geertz, “aunque contiene ideas, la cultura no existe en la cabeza de alguien; aunque no es física, no es una entidad oculta” (p. 24).

<sup>3</sup> De Sousa Santos, B. 2010, p. 8.

A fin de poder hablar de arquitectura sostenible, es fundamental entender que la sostenibilidad ambiental es igual de importante a la sostenibilidad social, sin la cual es imposible realizar proyectos deseables, factibles y viables en contextos informales. Este equilibrio muchas veces se rompe cuando se intentan importar modelos de arquitectura sostenible de contextos europeos o anglosajones, los cuales responden a dinámicas sociales muy diferentes. Es claro que, si continuamos a construir siguiendo una lógica colonialista, sin entender las características del lugar donde se trabaja, seguiremos siendo cómplices del epistemicidio de los conocimientos populares. Si bien el *Solar Decathlon* es una competencia internacional que nace en los Estados Unidos, lo que se ha querido hacer con el proyecto PEI Máquina Verde – El Arca, es destacar que, en Latino América, los conocimientos y los materiales tradicionales tienen un valor y un potencial enorme y que hacerlos parte de nuestra forma de vivir, habitar y construir, no significa dar un paso atrás, sino que significa avanzar hacia el verdadero progreso, un progreso multicultural e intercultural.

La reflexión que este proyecto ha dejado es que es posible ampliar la visión que se tiene del desarrollo urbano y de la tarea de los profesionales en arquitectura e ingeniería, de una forma colectiva y sostenible desde todos los puntos de vista (ambiental, social y económico) a través de la articulación de los saberes populares de las comunidades y los conocimientos científicos y técnicos de los profesionales, generando una unión que puede ser la base para repensar el *genius loci* ((Norberg-Schulz, 1992) de la ciudad informal.

## 5. Conclusiones

La oportunidad del Solar Decathlon ha permitido a las universidades experimentar con un enfoque didáctico innovador, que ha acercado a los estudiantes a los problemas reales de la construcción, desde entender las necesidades de los usuarios para el desarrollo del proyecto hasta resolver los inconvenientes vinculados a la necesidad de realizar la obra en un tiempo determinado. Esto ha permitido alcanzar capacidades de alto nivel como las que figuran en la parte superior de la taxonomía de Bloom (Bloom, 1956), poniendo de relieve la estrecha correlación entre los temas de profundización teórica y disciplinaria típicos de la enseñanza universitaria, y las situaciones reales cercanas a las de los profesionales.

Conscientes de la singularidad y la excepcionalidad de la oportunidad de asociar un curso curricular a la experiencia de participar en el Solar Decathlon, el método didáctico probado también puede adaptarse a las experiencias didácticas comunes en las escuelas de arquitectura e ingeniería y, en particular, a los cursos de diseño -talleres- ya orientados a la elaboración de proyectos "realistas", capaces de interpretar problemas y situaciones reales. La posibilidad de integrar la experiencia directa de la obra del Solar Decathlon en el curso de diseño de Nuevos Territorios, ha puesto de manifiesto, a través de las carencias y dificultades iniciales expresadas por los alumnos, cómo muchas veces en la formación tradicional no se valoran los aspectos constructivos, tecnológicos y de ejecución del proyecto arquitectónico, y se separan de los teóricos y compositivos. La experiencia del proyecto que se propone en los cursos universitarios suele estar muy desequilibrada hacia el "diseño" de la arquitectura entendido como realización de espacios y formas, cuando en el ejercicio profesional del arquitecto los aspectos y problemas "prácticos", de realización y de organización del proceso constructivo tienen un papel fundamental y a veces incluso predominante. Sobre la base de la experiencia descrita, el resultado propuesto prevé la reorganización de la actividad docente de los

ateliers, integrándola con la actividad de un laboratorio de construcción que permita asociar el aprendizaje experimental mediante la inclusión de la dimensión constructiva de la arquitectura en el proceso de diseño. La propuesta no está orientada a la reorganización de un solo curso sino a un servicio de laboratorio útil a múltiples cursos que ya tengan una PBL en el mismo programa de grado. El servicio de laboratorio podría introducir en los cursos experiencias prácticas de construcción, en diferentes niveles de complejidad y diversas escalas, ejercitando a los estudiantes a planificar, persuadiendo a los problemas reales de la construcción, en escenarios en los que se deben tener en cuenta las limitaciones reales de disponibilidad de materiales, presupuestos y plazos de ejecución, conocimientos específicos, participación y consulta de expertos, diálogo y confrontación directa con empresas privadas y partes interesadas.

## Bibliografía

- BARROWS, H. S. (1986). "A taxonomy of problem-based learning methods" en *Medical Education*, ASME, 20, 6, 481-486. doi:10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x
- BLOOM, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Book 1: Cognitive domain*. New York:McKay.
- COPPENS, T. (2020). "Innovating Education for Sustainable Urban Development through Problem Based Learning in Latin America: Lessons from the CITYLAB Experience" en *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 8, 1, 1-18. 10.5278/ojs.jpblhe.v8i1.2657
- DE GRAAFF, E. (1997). "Theory and Practice of Educational Innovation through Introduction of Problem-Based Learning in Architecture" en *International Journal of Engineering Education*, TEMPUS Publications, 3(13), 166-174.
- DE SOUSA SANTOS, B. (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Montevideo: Ediciones Trilce.
- GEERTZ, C. (2003). *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa editorial.
- GIORDANO, R. (2019). "Experiment, Develop and Provoke: The Prototype As an Instrument of Design" en *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 18, 89-98. <https://doi.org/10.13128/techne-7515>
- GOVERNEUR, D. (2014). *Planning and Design for Future Informal Settlements: Shaping the Self-Constructed City*. New York: Ed. Routledge.
- MONTENEGRO MIRANDA, G. (2018). *Arquitecturas insurgentes. Academia, resistencias y prácticas artísticas en arquitectura y urbanismo*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- NORBERG-SCHULZ, C. (1992). *Genius loci: paesaggio, ambiente, architettura*. Milano: Ed. Electra, 2° edición.
- ORNÉS VASQUEZ, S. (2020). "Academic Performance of Students of Urban Design, Applying Problem-based Learning (PBL)" en *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 8, 1, 63-71. doi:10.5278/ojs.jpblhe.v8i1.2640
- SAVERY, J.R. (2006). "Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions" en *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1, 1, 3, 9-20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- SCOTT, C. L. (2015). "El futuro del aprendizaje 2. ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI?" en *Investigación y Prospectiva en Educación UNESCO*. París, [Documentos de Trabajo ERF, No. 14].
- THOMAS, I. (2009). *Critical Thinking, Transformative Learning, Sustainable Education, and Problem-Based Learning in Universities* *Critical Thinking, Transformative Learning, Sustainable Education, and Problem-Based Learning in Universities*. *Journal of Transformative Education*, 7(3), 245-264. <https://doi.org/10.1177/1541344610385753>
- TORRES TOVAR, C.A. (2009). *Ciudad informal colombiana. Barrios construidos por la gente*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- TURNER, J.F.C. (2018). *Autoconstrucción. Por una autonomía del habitar*. Logroño: Pepitas de calabaza s. l.
- UN-HABITAT (2017). *Nuova Agenda Urbana, Terza Conferenza Internazionale sull'abitare e lo sviluppo urbano sostenibile - Habitat III*. Quito: Agenzia delle Nazioni Unite sugli Insediamenti Umani.



