

APRENDIZAJE EXPERIENCIAL MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UNA BÓVEDA PRETENSADA DE FÁBRICA 2018-19

Leonardo Todisco ^{1*}, Elizabeth Stocks ² y Javier León ³

1: Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: leonardo.todisco@upm.es web: <http://www.he-upm.com>

2: Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: elizabethstocks@gmail.com web: <http://www.he-upm.com>

3: Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: jlq@he-upm.com web: <http://www.he-upm.com>

Resumen. *Aprovechando el laboratorio de estructuras de la escuela de Caminos, Canales y Puertos se ha llevado a cabo la construcción y ensayo de una bóveda pretensada de fábrica. La experiencia expone al alumno a una problemática real además de promocionar el desarrollo de calidades como el trabajo en equipo, la empatía, el liderazgo y finalmente promover la acción mediante la producción de prototipo.*

Palabras clave: Aprendizaje Activo, Aprendizaje Experiencial, Design-Thinking, Aprendizaje Basado en Retos, Aprendizaje Inmersivo, Aprendizaje Colaborativo, Aprendizaje Orientado a Proyectos

1. Introducción

La escuela de Caminos, Canales y Puertos dispone de un laboratorio de estructuras con capacidad de realizar prototipos. No obstante, su uso está muy relacionado a la investigación y su empleo como herramienta de aprendizaje para los alumnos es escasa o más bien nula.

No obstante, cada vez más podemos encontrar ejemplos de construcciones de prototipos que se utilizan tanto para la enseñanza como método de investigación. Podemos encontrar muestras de este método de aprendizaje en muchos de los modelos del equipo de Block Research Group [1] del ETH Zúrich liderado por el profesor Phillippe Block o del equipo New Fundamentals Research Group afiliado con el Politecnico de Barú y liderado por Giuseppe Fallacara [2].

El propósito de este proyecto es la realización de un prototipo a mediana escala de una pasarela de fábrica pretensada en la que los alumnos pueden experimentar de primera mano los conceptos adquiridos en las clases teóricas.



Figura 1. Bóveda pretensada y cargada.

2. Objetivos

Como es sabido, las bóvedas son estructuras antifuniculares o muy próximas a ellas para las cargas permanentes en las cuales la estructura trabaja a compresión. El propósito que se persigue mediante la introducción del pretensado es dotar a las bóvedas de fábrica de una capacidad resistente adicional. Entre las ventajas que se obtienen al pretensar las bóvedas de fábrica están la mayor ligereza, la sostenibilidad al utilizar materiales tradicionales o la ausencia de fenómenos de fluencia y retracción.

El objetivo de este proyecto de innovación es doble: por un lado, estudiar las dificultades constructivas que lleva la construcción de este prototipo, y por otro validar los resultados teóricos obtenidos previamente mediante unos ensayos. La idea es que los alumnos sean los protagonistas tanto de la construcción como del estudio experimental.

En resumen, los objetivos de este ensayo son:

- Desarrollar en el alumno la capacidad de afrontar retos concretos como el proyecto y la construcción de una bóveda pretensada.
- Utilización de modelos estructurales a escala como metodología docente para que los alumnos aprendan y entiendan los comportamientos de las estructuras que han estudiado en la teoría.
- Acercar los conocimientos teóricos adquiridos mediante información previa a un prototipo.
- Comprensión de la importancia de los detalles constructivos. En la gran mayoría de los ejercicios a los que están acostumbrados a tratar los alumnos, los apoyos se establecen sin tener mayor consideración en cómo se van a modelar y construir.
- Desarrollo de la secuencia del proceso constructivo a seguir, así como sus implicaciones.
- Aprender a corroborar los resultados esperados del análisis teórico con los resultados del ensayo experimental.
- Sacar conclusiones a partir de los resultados experimentales.

3. Experiencia

La construcción de la bóveda de fábrica ha permitido a los alumnos participar en múltiples fases en las que se han visto completamente involucrado en la problemática. El aprendizaje parte desde las primeras fases en la que se debe escoger los parámetros geométricos del modelo, el desarrollo de los detalles constructivos, el estudio de las fases del sistema constructivo, etc. Este Aprendizaje Basado en Retos expone al estudiante en una situación problemática real considerado que la bóveda es la respuesta a un problema concreto definido por los profesores.

Considerados los aspectos que se pretenden desarrollar en este proyecto realmente se abarca también otra línea de trabajo, la de design-thinking, donde se procura promocionar el desarrollo de calidades como el trabajo en equipo, la empatía, el liderazgo y finalmente promover la acción mediante la producción de prototipo.



Figura 2. Proceso constructivo y ensayos.

Los alumnos participaron primero en el análisis teórico impartido en la asignatura de *Análisis estructural de construcciones históricas de fábrica* dentro del Máster de Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales de la ETS de Caminos, Canales y Puertos. Como parte de este análisis construyeron una herramienta para poder determinar la línea de presiones contenida dentro de la estructura. La geometría y materiales de los datos eran los mismos que los del prototipo para poder corroborar los datos.

En una segunda fase, los alumnos llevaron a cabo la construcción de la pasarela. El ensayo de un prototipo a escala permite al alumno analizar por sí mismo muchos de los conceptos estudiados en los cursos relacionados con este proyecto de innovación como es la influencia del pretensado, la resistencia de la fábrica, la estática gráfica, etc.

Además, los estudiantes se enfrentaron a todos los problemas que surgieron durante el mismo proceso constructivo. Estas dificultades permitieron que los alumnos se plantearan el sistema de funcionamiento, el motivo de las diferencias frente al modelo teórico y posibles alternativas para corregir dichas imperfecciones.

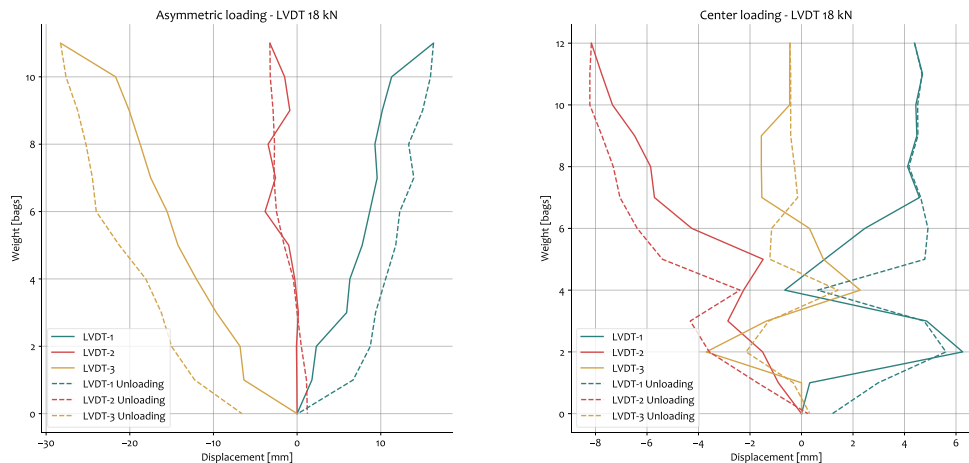


Figura 3. Resultados gráficos de los ensayos experimentales.

Por último, la experiencia expone a los alumnos a la extracción de resultados, el tratamiento de dichos datos y la obtención de conclusiones. Los estudiantes aprendieron a utilizar y leer los aparatos de medida propios de las estructuras como son el extensómetro, flexímetro, etc. Con la recogida de datos pudieron realizar un análisis crítico de los resultados que se iban obteniendo y compararlos con el comportamiento esperado de la estructura.

4. Conclusiones

La experiencia de la construcción de un prototipo ha servido para acercar a los alumnos a la problemática real de las estructuras y a permitirlos vivir de primera mano todas las fases necesarias para su diseño y construcción.

Además, la experiencia ha servido para demostrar el potencial del laboratorio de estructuras como herramienta de aprendizaje. El prototipo puede ser aprovechado para repetir este método de aprendizaje basado en retos en varias asignaturas, así como realizar otros prototipos similares en cursos posteriores.

Referencias

- [1] Block Research Group (s.f.). About (Descripción del grupo Block Research Group liderado por el profesor Philippe Block). Recuperado de: <https://block.arch.ethz.ch/brg/about>
- [2] New Fundamentals Research Group (s.f.) Home (Descripción del grupo New Fundamentals Research Group liderado por el profesor Giuseppe Fallacara). Recuperado de: <http://www.newfundamentals.it/index.html>