

Los workshops de geometría en Cad3d y prefabricación digital como estrategia docente en la enseñanza de la geometría para la arquitectura. geometría y proyecto

Workshops about geometry, 3dCad and digital fabrication as a teaching strategy for architectural geometry learning. geometry and design studio

➤ Andrés MARTIN-PASTOR
Universidad de Sevilla, España
archiamp@us.es

➤ Roberto NARVAEZ-RODRIGUEZ
Universidad de Sevilla, España
roberto@us.es

➤ Jorge TORRES-HOLGUIN
Universidad Nacional de Colombia, Colombia
jftorresh@unal.edu.co

➤ Jorge GALINDO-DIAZ
Universidad Nacional de Colombia, Colombia
jagalindod@unal.edu.co

Abstract

This paper shows the approaches and results of an innovation teaching project carried out in the University of Seville and the National University of Colombia. The purpose is to teach architectural geometry within collaborative teams of professors and groups of 25 students. Through a guided exercise, students work on the relationship between geometry and all the phases of the typical architectural process, applying geometry to solve real problems. It begins with the ideation, digital construction and resolution of construction, to conclude with the physical execution of the project.

Keywords: Architectural Geometry; Teaching Innovation; Digital Fabrication; Collaborative Work; Generative Design.

Introducción

Desde la aparición de los sistemas de CAD3D, los procedimientos clásicos de la Geometría Descriptiva en arquitectura, entraron en crisis ante la posibilidad de trabajar directamente sobre el espacio virtual que tales sistemas proporcionan (Narváz & Aguilar M., 2011). Los avances vinculados a estas nuevas herramientas no han cesado (dibujo paramétrico, diseño generativo, fabricación digital, etc.), facilitando la creación de proyectos inconcebibles sin las últimas tecnologías (Hemmerling & Tiggemann, 2011) o mediante los métodos gráficos-geométricos tradicionales.

De igual manera, al igual que la enseñanza tradicional de la Geometría estaba fundada en una metodología que se ajustaba específicamente al papel, sus tiempos y formas de aprendizaje; la enseñanza de los fundamentos geométricos mediante CAD3D exige una metodología docente que se adecúe exactamente a todas sus particularidades como herramienta o incluso como un *nuevo Sistema de Representación* (McGrath & Gardner, 2007).

En esta comunicación se exponen los últimos resultados de un trabajo de investigación en el ámbito de la docencia –ya iniciado desde 1999– llevados a cabo en el Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla por los profesores Roberto Narváz, Andrés Martín y recientemente por grupo GEOLAB'14 y los profesores de la Universidad Nacional de Colombia, Jorge Torres Holguín y Jorge Galindo Díaz. Un largo proceso de ensayo y error que, desde las primeras aproximaciones al uso del CAD en la enseñanza de la Geometría hasta hoy, nos ha servido para ir evolucionando y perfeccionando una metodología docente en

esta materia. Esta iniciativa no sólo se ha puesto en marcha en la Universidad de Sevilla sino que también, ha tenido acogida en la Universidad Nacional de Colombia. La metodología consiste en estructurar la docencia en Geometría en base a *workshops* (o talleres de trabajo colaborativo) de grupos de 25 alumnos donde –a través de un ejercicio guiado– se trabaja la relación entre Geometría y todas las fases del diseño y realización de un proyecto real (ideación, desarrollo y montaje). El objetivo final es la construcción de una instalación a escala 1:1, donde la experiencia constructiva de los participantes constituye parte fundamental de ese aprendizaje. El primer taller de estas características tuvo lugar en Sevilla a través de un proyecto de innovación docente y ha tenido como resultado la creación de la obra *The Caterpillar* (Fig.2), una pieza arquitectónica construida entre las Escuelas de Ingeniería de la Edificación y la Escuela de Arquitectura de Sevilla, concretamente un pabellón de madera [vimeo.com/88452240].

Producto del convenio entre la Universidad de Sevilla y la Universidad Nacional de Colombia y como fruto de varios talleres impartidos, ha surgido la instalación denominada *The Cocoon* (Fig. 4), que sobre la primera propuesta sevillana aborda la creación de un pabellón de menor longitud pero mayor altura, dentro de una nueva versión del mismo ejercicio. Esta ha sido desarrollada por GeoLab'14 y alumnos de las Escuelas de Arquitectura de las sedes de Manizales y Medellín y ha sido realizada en FabLab Unal Medellín con la Colaboración de FabLab Sevilla.

[<https://www.youtube.com/watch?v=iRPgD3km4ks&list=UU-gLMA6ZhU3bHvQjNh5uwoag>]

Objetivos, metodología y materiales

Base Conceptual

El objetivo general de los *workshops* es situar la enseñanza de la *Geometría del Espacio* en una posición transversal y práctica respecto al resto de competencias contempladas en los estudios de arquitectura y enfocar dicha enseñanza hacia el proyecto arquitectónico. Por otro lado, se pretende demostrar que el conocimiento de los fundamentos geométricos, junto al manejo de los medios actuales de representación, constituye un poderoso maridaje para analizar y resolver muchos de los problemas del proyecto arquitectónico, tanto proyectuales como constructivos. Se trata de llenar el vacío existente entre las posibilidades técnicas y el conocimiento efectivo de los nuevos métodos de diseño geométrico (Pottman, 2007).

La metodología de los workshops: El ejercicio está estructurado en todas sus fases para recorrer un amplio campo de contenidos y competencias en geometría hasta llegar a la ejecución final de un pabellón. La forma de este pabellón se resuelve mediante un conjunto de superficies cónicas, a modo de bóvedas, determinadas por estrictos condicionantes geométricos que articulan todas las partes entre sí.

Como objetivos específicos, se trata de dotar de las competencias básicas en geometría para la creación de superficies desarrollables. También la obtención de parámetros complejos de naturaleza geométrica (como ángulos entre superficies de diferentes curvaturas) para la creación de elementos constructivos. Todo este recorrido tendrá a la Geometría como eje articulador del proyecto, demostrando que estas competencias geométricas son necesarias para la creación del pabellón final.

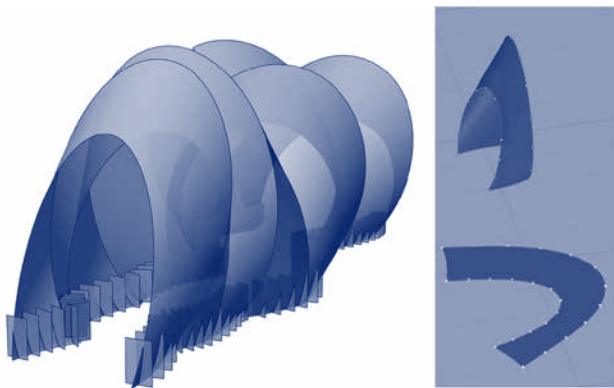


Figura 1: Modelo 3D y desarrollo plano.

Los talleres que hemos realizado, tienen en común el estudio de los *Teoremas de Cuádricas*, y concretamente el teorema que nos dice: *Todo conjunto de cuádricas circunscritas a otra cuádrica común, se interseca según curvas planas*. En este caso, cada pareja de conos (conjunto de cuádricas) compartirá una esfera tangente inscrita (cuádrica circunscrita), que producirá arcos de elipse en sus intersecciones dos a dos. Con ello, cada anillo será un fragmento de cono de revolución fácilmente desarrollable, y cada curva de intersección estará contenida en un único plano. (Fig.1)

Desarrollo

Una vez que los alumnos determinan la forma (propuesta por los profesores), se establecen subgrupos que, aplicando la geometría mediante herramientas CAD3D, definen constructivamente cada anillo del pabellón. Se resuelven así los diferentes encuentros y se precisan geoméricamente las piezas de los prefabricados generando la documentación gráfica y digital que define la fabricación digital y el corte mecanizado de todas sus piezas (Fig.3). Posteriormente, cada subgrupo, procede al etiquetado de las piezas y al montaje del prototipo.

Cada pabellón (The Caterpillar y The Cocoon) se ha diseñado teniendo muy presente las fases de unión y montaje, cumpliendo una aspiración inicial en la fase de ideación del workshop: la ausencia de toda manualidad e improvisación en su construcción final. Cada anillo-bóveda estará formado por un conjunto de varias piezas de madera contrachapada de 5 a 7 mm de espesor. Estas piezas, al no poder ser cortadas en un solo panel, debido al gran tamaño de las mismas, se ensamblan con una tira atornillada a tresbolillo en el intradós de la bóveda. El sistema de atado de una bóveda con otra se realiza mediante bridas de nylon, que atan los orificios mecanizados, dispuestos específicamente en la fase de proyecto para tal fin. La fijación en el firme se realiza mediante cartelas de madera que se ajustarán al ángulo existente entre la superficie y el soporte, en cada punto de anclaje.

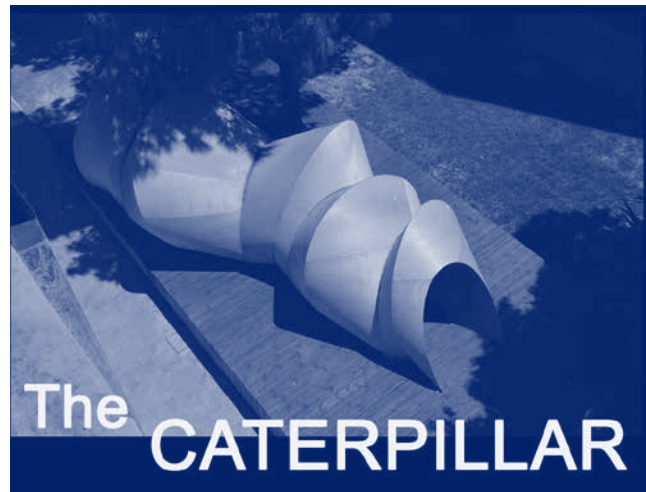


Figura 2: The Caterpillar. ETSIE-ETSA, Universidad de Sevilla.

Trabajo en grupo y prefabricación digital

Otro objetivo del taller es el obtener las competencias de trabajo en equipo y las competencias de comunicación entre distintos grupos de trabajo, propias de un trabajo planificado en fases y susceptible de ser realizado por diferentes agentes.

Así mismo, este proyecto es un ejercicio de geometría y prefabricación digital donde, aparte de la comunicación entre personas, entra en juego la comunicación entre personas y máquinas. Esto se produce en una doble vertiente: la comunicación de las ideas geométricas con la computadora y la comunicación del resultado al robot de corte que es la parte previa al montaje y donde finaliza

el ejercicio geométrico. Todo este complejo uso de la Geometría -concretamente de los Fundamentos de Geometría- deberá ser traducido a los diferentes softwares informáticos que entran en juego en el proceso de producción (autoCAD, Rhinoceros, Grasshopper...), para finalmente producir un conjunto de “archivos de corte” soportable para una fresadora CNC.



Figura 3: Mecanizado en madera y desarrollo de cartelas y paneles.

Las piezas facturadas digitalmente, son a su vez trabajadas por otros equipos de trabajo, hasta finalmente proceder al montaje, ordenado y minucioso por los equipos de montaje (Fig.5). Dicho proceso va acompañado de las oportunas pruebas de material, accesorios y esfuerzos que pudieran normalizar la expectativa del resultado global en la práctica.

Resultados

The Caterpillar

La primera edición de esta iniciativa docente fue desarrollada en la Universidad de Sevilla, en el curso académico 2013-2014 para alumnos de primer semestre con un workshop específico para tal fin. Contó con el apoyo de FabLab Sevilla, Taller de Fabricación Digital de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. El proyecto ha sido desarrollado como experiencia de innovación docente y ha contado con el reconocimiento institucional de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación y la Universidad de Sevilla. La obra final ha sido expuesta en el Festival Internacional de la Imagen de Manizales (2014).

The Cocoon

A través del convenio entre la Universidad de Sevilla y la Universidad Nacional de Colombia, se han desarrollado dos *workshops* en la sede de Manizales, titulados: *Fundamentos de la Geometría del Espacio en CAD3D* y *Architectural Geometry*, para alumnos de tercer, cuarto y quinto semestre. El principal resultado de este par de talleres ha sido la capacitación de los asistentes en geometría y en diseño generativo.



Figura 4: The Cocoon. Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Con motivo de la misma estancia de investigación se desarrolló en la sede de Medellín otro *workshop* titulado: *Geometría y prefabricación digital de pabellón efímero*, que recogía la parte teórica de los aspectos de diseño y prefabricación digital para la elaboración de un pabellón efímero, *The Cocoon*. En agosto de ese mismo año, un segundo *workshop*, *Fabricación digital, construcción y montaje de pabellón de madera*, llevó a cabo finalmente dicho proyecto. Para su construcción y montaje se ha contado con los alumnos de ambas sedes de la Universidad Nacional, quienes ya habían trabajado en los talleres anteriores. El diseño, al igual que el pabellón sevillano, fue realizado por Geolab'14 y producido por FabLab Unal Medellín con la ayuda de FabLab Sevilla.



Figura 5: Fase final de montaje del pabellón The Cocoon. Campus Unal Medellín.

Conclusiones

Parte del éxito de estas experiencias consiste en que los estudiantes finalmente realizan una obra de arquitectura a escala real, no quedándose sólo en definición de un modelo 3D y/o construcción de una a escala reducida. En ese mismo sentido, llevar el uso de la geometría de las cuestiones más teóricas, a la práctica concreta.

Los laboratorios de fabricación digital se constituyen como el lugar ideal para este tipo de talleres, un espacio donde se funden el proceso de creación y producción de un mismo proyecto. Como afirma Celani (2012) dichos laboratorios pueden promover cambios en la educación arquitectónica, permitiendo a los estudiantes estar más cerca de los procesos de producción y tener un mejor control sobre las distintas partes de una construcción y sus materiales.

Desde el punto de vista del diseño, resaltamos la importancia de la enseñanza del diseño generativo, concretamente introducir en la docencia esta forma de creación a partir de relaciones geométricas básicas. Se ha podido comprobar, coincidiendo con Coloma y de Mesa (2012) que los conocimientos que el alumno debe asimilar para realizar este tipo de representaciones poco tienen que ver con los relativos a las tecnologías tradicionales, incluyendo la Geometría Descriptiva, lo que renueva el uso de la Geometría mediante CAD en la generación del proyecto. En ese sentido, es importante destacar cómo a partir de la misma ley de generación geométrica se han producido varios proyectos distintos, adaptándose a los condicionantes particulares de cada caso; *The Caterpillar*, de Sevilla; *The Cocoon*, de Medellín. Finalmente, se ha podido comprobar que, debido a la ausencia de una tradición en la enseñanza de la Geometría bajo el soporte de las Tecnologías Digitales y, sobre todo, por no estar aplicado el uso de la Geometría a la construcción y la prefabricación digital, este tipo de proyectos tienen una amplia repercusión y son bienvenidos actualmente en muchas escuelas que deciden adoptar esta proceso de enseñanza en forma de workshops, talleres, cursos o conferencias extracurriculares.

Consideraciones finales

Desde un punto de vista didáctico, tanto en el *workshop The Caterpillar*, como *The Cocoon*, los alumnos han superado satisfactoriamente la adquisición de las competencias geométricas y las habilidades en el manejo de las herramientas CAD3D. La experiencia acumulada nos demuestra que el éxito de estos workshops

depende –totalmente– de la correcta planificación de las tareas por parte de los docentes y de la capacidad de trabajar en equipo de todas las partes implicadas. Las competencias básicas en

organización y comunicación, entran en juego desde el primer día de taller. Igualmente la capacidad de resolver conflictos, el apoyo entre diferentes equipos de trabajo y, en definitiva, la inteligencia emocional, se pueden llegar a trabajar de forma muy provechosa con este tipo de estrategias docentes.

Agradecimientos

Agradecemos, principalmente, a los alumnos de la Universidad de Sevilla y Universidad Nacional de Colombia, sedes Manizales y Medellín, haber hecho posible con su esfuerzo y entrega, el buen desarrollo de los *workshops: The Caterpillar y The Cocoon*. Agradecemos a la Universidad de Sevilla, a la Universidad Nacional de Colombia y otras que han acogido los proyectos, a los *sponsor* y patrocinadores. A la red de FabLab del Massachusetts Institute of Technology (MIT) haber aportado ayuda logística a través de sus instalaciones. A los profesores colaboradores de otros Departamentos que se han involucrado desde otras disciplinas. A Visual Mov y al Departamento de Medios de la Unal por la producción audiovisual de los mismos y a todos aquellos que confiaron y nos apoyaron.

Referencias

- Celani, Gabriela, (2012). Digital Fabrication Laboratories: Pedagogy and Impacts on Architectural Education. *Nexus Network Journal*, 14(3), pp.469–482.
- Coloma, E., & de Mesa A., (2012). La Docencia de la Representación Paramétrica. *La Representación Paramétrica y los Procesos no Lineales*. EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica, Número 19, UPV, Valencia (España).
- Hemmerling M., & Tiggemann A., (2011). *Digital Design Manual*. Berlín: DOM Publishers. McGrath B., & Gardner J., 2007. *Cinematics. Architectural Drawing Today*. West Sussex: Wiley-Academy. Narváez, R., & Aguilar, M., (2012). *Aprender Geometría Aplicada en el Siglo XXI: Realidad y Contexto*. XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. Valencia (España).
- Pottmann H. et al., (2007). *Architectural Geometry*. Exton (Penn): Bentley Institute Press.