

ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS PARA LA PROPUESTA DE UN CURSO DE CAD APLICADO A LA ARQUITECTURA. Joaquín Regot, Dr. Arquitecto / Andrés de Mesa, Arquitecto
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Universitat Politècnica de Catalunya.
Av. Diagonal 649 Edificio ETSAB, (08028) Barcelona, (España)

La elaboración de una estructura docente y un programa para la enseñanza de la generación de modelos de arquitectura con utilización de sistemas informáticos (CAD), es una de las tareas que hemos venido realizando desde hace algunos años como profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Los frutos de este estudio se han plasmado en el desarrollo de seminarios y conferencias, pero sobre todo en la creación e impartición de asignaturas de carrera, cursos de posgrado y cursos de master.

En el transcurso de los últimos años, la implantación de los sistemas de CAD en los despachos y estudios de arquitectura se ha ido generalizando de forma importante. Sin embargo en la mayoría de los casos, la utilización de estos sistemas se limita a la delineación bidimensional de los elementos que definen el proyecto, y en última instancia solamente pretenden sustituir los procesos manuales tradicionales. Para nosotros, esta actitud, implica una utilización muy reducida del verdadero potencial que aportan los sistemas informáticos en el campo del diseño gráfico. Sobre todo, si se tiene en cuenta su gran capacidad para simular situaciones tridimensionales del más diverso tipo. Una capacidad, que incide muy particularmente en el proceso de ideación y generación de las volumetrías arquitectónicas que definen la forma de cualquier proyecto. Por esta razón, nuestra inquietud se ha dirigido principalmente al estudio de los procesos de elaboración de modelos tridimensionales mediante la utilización de las nuevas herramientas que facilitan los sistemas informáticos dentro del campo de la formalización arquitectónica.

El desarrollo del proceso de creación arquitectónica necesariamente conduce a un resultado final que debe guardar la mayor fidelidad posible con las ideas iniciales. Sin embargo, este proceso debe ser lo suficientemente fluido para poder resolver los distintos problemas en base a los criterios de un proyecto que nunca se vean restringidos por problemas externos a él. Por esta razón, es necesaria la elaboración de una forma de representación adecuada para determinar y definir el objeto arquitectónico, de tal manera que se pueda leer su estructura formal en cualquiera de las etapas durante su desarrollo desde las primeras ideas hasta su ejecución material.

El programa docente que proponemos, se dirige fundamentalmente al control del desarrollo tridimensional del proyecto arquitectónico utilizando sistemas informáticos de diseño asistido que no supongan una transformación ni una limitación de la eficacia creativa. En las etapas iniciales de contacto con estos sistemas creemos más adecuado el empleo de programas informáticos de dibujo genérico, (AutoCAD, MicroStation), puesto que permiten una mayor libertad en la generación de formas tridimensionales, introduciendo al alumno en el estudio formal, posicional y métrico de los objetos mediante un análisis espacial y geométrico del modelado con muy pocas restricciones.

Los programas, impartidos y desarrollados en los diversos cursos anteriormente citados, abarcan los procesos de generación formal en tres dimensiones aplicados a las características propias de la morfología arquitectónica. Sus principales objetivos son:

- a) Introducir al estudiante en los procesos de visualización para controlar los objetos en el espacio a partir del comportamiento que presentan los sistemas de superficies y volúmenes aportados por los programas informáticos de diseño tridimensional.
- b) Analizar la geometría de las formas y explorar las diversas metodologías propias de los sistemas de CAD, para optimizar caminos y recursos en la generación tridimensional de objetos arquitectónicos
- c) Elaborar formas arquitectónicas basándose en el control de las mallas alámbricas, la formalización de superficies y la definición de sólidos, tomando en cuenta la interacción de todos estos tipos de entidades con objeto de generar modelos más complejos por medio de los distintos sistemas aditivos y sustractivos que contemplan los sistemas de modelado tridimensional.

Control visual

La habituación a los medios informáticos en el campo del modelado de sólidos parte del conocimiento y control del espacio que ofrecen los procesos de entrada y salida de datos de un ordenador y sus periféricos. La correcta utilización de los sistemas de diseño asistido en el proceso de elaboración de formas parte de la visualización del espacio a través de la pantalla, por esta razón se hace imprescindible un dominio específico de las posibilidades que ofrecen los distintos programas para el control visual del espacio.

El control que realizan los sistemas gráficos informatizados de la relación entre la imagen y el objeto es realmente importante. Su capacidad para tratar todo el problema de la forma y el espacio analíticamente, les permite establecer situaciones tridimensionales que son totalmente independientes de su representación en forma gráfica. Esto permite crear un modelo, en el que se puede operar a partir de las propiedades tridimensionales de los objetos en forma directa sin necesidad de recurrir a su transformación gráfica por medio de la proyección. Pero al mismo tiempo, estos sistemas son capaces de recibir y dar toda la información procesada analíticamente en su correspondiente forma gráfica, y por lo tanto es posible establecer su representación bidimensional y al mismo tiempo controlar todas las relaciones espaciales existentes en el objeto.

En estos nuevos sistemas, en los cuales el objeto es completamente independiente de su representación, no solamente se rompe con las limitaciones que implica controlar el fenómeno tridimensional a partir de una imagen de dos dimensiones, si no que también se suprime las restricciones propias de un sistema gráfico pensado para desarrollarse en forma analógica sobre un soporte material. En consecuencia, los sistemas informáticos de diseño asistido crean un entorno gráfico, en el que el tamaño, la posición y la dirección de los objetos se pueden controlar directamente con las cualidades tridimensionales que tienen en el espacio real. Con estas condiciones, cualquier formalización de un objeto se convierte en un modelo de tres dimensiones que se comporta al igual que una maqueta que se desarrolla en el espacio sin necesidad de estar materializada, y por lo tanto tiene carácter eminentemente virtual.

La nueva relación de autonomía que se establece entre el objeto y su imagen, permite generar cualquier vista de un objeto sin que en ella esté comprometida su forma. De esta mane. se puede establecer un numero indeterminado de imágenes de un mismo objeto que no están relacionadas entre si, puesto que la única referencia común con la que cuentan es la descripción de la forma tridimensional que representan. Así, es posible desarrollar un proceso de visualización del espacio en el cual no es necesario deducir las imágenes, sino que la imagen es resultado del objeto generado en el espacio, y por lo tanto su control a partir de múltiples vistas simultáneas, posibilita procesos de diseño completamente interactivos.

Estrategias de generación formal.

El planteamiento de una asignatura como esta, requiere el estudio de temas geométricos para el correcto conocimiento de la estructura de los objetos tridimensionales, y simultáneamente, del análisis de los recursos de optimización de los procesos de elaboración de formas que ofrecen los programas informáticos para la realización de modelos arquitectónicos. Este análisis geométrico y metodológico, se debe complementar con el estudio de la correcta introducción de datos y el exhaustivo conocimiento de las operaciones tridimensionales que son capaces de realizar estos sistemas.

La elaboración de formas arquitectónicas, parte del conocimiento de su estructura compositiva y de las características de sus elementos primarios definidos por la geometría tridimensional. Por esta razón, el estudio y análisis de la generación de formas poliédricas, superficies curvas y volúmenes, es el primer paso necesario para conseguir aislar aquellas entidades que determinan el objeto y permiten desarrollar la de elaboración de formas más complejas en base a los procedimientos de adición y sustracción de formas geométricas más elementales.

Una vez analizada la composición primaria de la forma, el estudio métrico y posicional de los objetos en el espacio se realiza a partir de los distintos procedimientos que disponen los sistemas informáticos para

introducir datos. La definición de las coordenadas, de tamaños y posiciones espaciales referidas a sistemas de ejes cartesianos genéricos o personalizados, ya sea numéricamente (teclado) o gráficamente (cursor de pantalla), permiten establecer los controles posicionales de las formas en el espacio. Esta capacidad de los programas de diseño, junto con líneas y puntos como entidades elementales de posicionamiento espacial, son los instrumentos básicos que permiten establecer los controles métricos iniciales para determinar las prioridades de utilización de las diversas formas espaciales.

Este proceso se complementa con las operaciones de movimiento, copia, escalado o repetición secuencial, que permiten llevar elementos ya elaborados a nuevas posiciones, generar elementos en base a otros ya existentes, o crear nuevas formas por medio de la yuxtaposición. El examen con rigor de las relaciones espaciales entre objetos sólidos, definidos por operaciones de unión, sustracción e intersección, completan el estudio de la metodologías operativas aplicables a los distintos tipos de entidad que definen los cuerpos en el espacio. Del mismo modo se analiza la función más importante que se puede aplicar dentro de estos sistemas: la transformación de la forma de cualquier objeto que ya esté constituido. La posibilidad de controlar analíticamente todos los parámetros de cualquier proceso de generación formal, hace posible que toda entidad pueda redefinir su forma, posición o tamaño en cualquier momento de su proceso de generación. Esta característica hace de los sistemas informáticos una herramienta sumamente versátil para elaborar formas arquitectónicas.

Toda la capacidad operativa que tienen los sistemas informáticos para la elaboración de formas tridimensionales, requiere del planteamiento de unas estrategias en la metodología de generación espacial que deben ser estrictamente controladas. Por esta razón, es indispensable saber escoger aquellas entidades y operaciones que permiten acceder con mayor facilidad a la forma definitiva haciendo un estudio comparativo de las posibles soluciones que puede tener la definición de un objeto para llegar a un mismo resultado final.

Control de tipologías formales.

La posibilidad de aplicar una codificación geométrica de las formas tridimensionales mediante recursos analíticos, permite simular las propiedades de las superficies y los sólidos que determinan los cuerpos del espacio real sin necesidad de recurrir a las características bidimensionales que determinan sus imágenes. Por lo tanto, estos nuevos sistemas de diseño pueden prescindir de la línea como el único elemento capaz de definir a los objetos. Esta propiedad ha permitido establecer dos nuevas categorías formales como herramientas para determinar un objeto tridimensional, y aparte de las líneas, se pueden utilizar las superficies y los sólidos como entidades para generar la forma de cualquier cuerpo en el espacio.

Los sistemas gráficos informáticos codifican geoméricamente el fenómeno formal en tres tipos genéricos de entidades según los tres grados de aproximación para definir un cuerpo: las líneas como los límites entre sus superficies, las superficies como envolventes de su volumen, y el sólido como el espacio que ocupa el volumen que contiene. De esta manera, una vez reconocidas las posiciones espaciales, la elaboración de modelos tridimensionales mediante su definición métrica o por la aplicación de operaciones geométricas que determinan su forma se puede desarrollar en base a tres tipologías de entidades completamente distintas y con un comportamiento particular para cada caso. Como consecuencia, cada uno de estos tipos de entidad tiene diferentes posibilidades de combinación que permiten crear cuerpos o superficies de mayor complejidad por medio de operaciones aditivas y/o sustractivas, con la posibilidad de modificarlas mediante el tratamiento de las entidades simples o compuestas que la han generado.

La diferencia que establecen los nuevos sistemas gráficos entre estas tres categorías formales es muy clara, puesto que por si mismos son incapaces de reconocer las superficies y el volumen de un cuerpo que se ha definido solamente por medio de sus aristas. De la misma manera, cuando un cuerpo se ha definido solamente por medio de superficies, no pueden reconocer su parte sólida, pero si pueden reconocer sus aristas. Únicamente cuando un cuerpo se ha definido como sólido, estos sistemas pueden reconocer cualquiera de estas tres categorías formales. Este comportamiento implica una definición de los cuerpos mucho más estricta que en los sistemas convencionales, puesto que no admite ningún tipo de ambigüedad formal, (línea, superficie o sólido), ni espacial, (posición, dirección o tamaño). Pero, por

otro lado, estas características son las que justamente permiten controlar los diversos problemas tridimensionales de forma directa y en su verdadera dimensión sin necesidad de recurrir nada más que a los propios objetos y al espacio en el que se desenvuelven. Esta propiedad, es la que reduce drásticamente la importancia del control bidimensional de los cuerpos del espacio por medio de sus proyecciones, relegándolas definitivamente a un segundo plano.

Estas tres tipologías de entidades generan objetos con distintas propiedades de visualización, control de datos y modificación, por ello el correcto análisis de la descomposición de un modelo tridimensional en entidades primarias, es el único camino que permite escoger los tipos de entidad idóneos para cada caso, con el fin de conseguir la optimización de las características y propiedades que mejor se adapten a las condicionantes del diseño durante los procesos de elaboración y definición de un modelo arquitectónico.

Objetivos del programa docente.

La capacidad que tienen los sistemas informáticos para tratar analíticamente el fenómeno tridimensional de las formas y el espacio manteniendo un entorno gráfico para controlarlo, permite que los objetos se puedan definir a partir de las propiedades tridimensionales que tiene su forma sin necesidad de comprometerlas con las características bidimensionales de sus imágenes. En estos nuevos sistemas, las imágenes simplemente corresponden a la transcripción de la forma tridimensional de los objetos a un entorno de dos dimensiones por medio de la proyección, y las diferentes modalidades gráficas con las que cuentan solamente son capaces de describir aquello que se modela. De esta manera, los objetos quedan constituidos dentro del espacio con carácter virtual, y por lo tanto sus problemas tridimensionales son de formalización y no de representación. Esta nueva situación requiere la resolución de los objetos a partir de su propia configuración formal mediante la generación de un modelo que reproduzca las características que le corresponden en el espacio.

Por esta razón nuestro planteamiento pedagógico insiste en reconocer aquellos elementos que conforman los espacios arquitectónicos modelados, exigiendo al alumno no sólo la formalización del objeto en el espacio, sino que además sea capaz de proponer una explicación de carácter gráfico que exponga con detalle las entidades utilizadas para la generación de formas así como los procesos operativos y metodológicos que lo han llevado al resultado final. Este planteamiento tiene la intención de evaluar la capacidad de análisis del espacio y la destreza en el buen uso de los sistemas de CAD aplicados a la formalización arquitectura.

RESUMEN DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA "MODELADO DE SÓLIDOS EN ARQUITECTURA POR MEDIOS INFORMATIZADOS"

1.- INTRODUCCIÓN A LA OPERATIVIDAD EN LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS.

Control de visualización de objetos en 3d. Control de posiciones y entrada de datos en 3d. Estudio sobre el plano referencial de dibujo. Operaciones de carácter general en los procesos de generación de objetos. Herramientas auxiliares de optimización de operaciones para la generación formal y su visualización. Propiedades de visualización de los objetos generados por medio de mallas.

2.-ANÁLISIS DE LA FORMA GEOMÉTRICA

Análisis y estudio de la figura espacial para la optimización de recursos y métodos en el proceso de su generación formal. Propiedades geométricas de un objeto y características de generación: Simetrías del objeto, iteración de elementos, formas semejantes y transformaciones directas. Descomposición de un volumen geométrico en entidades básicas; volúmenes geométricos significativos.

3.- MODELADO GEOMÉTRICO

A.- GENERACIÓN FORMAL POR MEDIO DE MALLAS

Definición y generación de entidades lineales. Control de sus propiedades. Generación de volúmenes por medio de mallas y aplicaciones paramétricas a la conformación de entidades geométricas elementales. Control de la visualización de una entidad de superficie.

B.- GENERACIÓN FORMAL POR MEDIO DE SUPERFICIES

Modelado geométrico de superficies. Características y propiedades de las entidades de superficie. Definición y control de las polilíneas para la generación de superficies. Formalización de superficies. Control de la visualización de una entidad de superficie. Operaciones de composición entre superficies. Operaciones de modificación de superficies. Extracción de entidades de una superficie simple o compuesta. Intercambio de archivos de dibujo que contienen entidades de superficie.

C.- GENERACIÓN FORMAL POR MEDIO DE SÓLIDOS

Modelado geométrico de sólidos. Características y propiedades de las entidades sólido. Determinación de primitivas. Control de la visualización de una entidad solida. Operaciones de composición entre sólidos. Operaciones de edición y modificación de un sólido. Extracción de entidades de un sólido simple o compuesto. Control de los datos referidos a un sólido. Intercambio de archivos de dibujo que contienen entidades sólido.

4.- GENERACIÓN DE IMÁGENES. APLICACIONES A LA DESCRIPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE OBJETOS TRIDIMENSIONALES.

Imágenes múltiples en pantalla. Edición de imágenes. Complementos de visualización, determinación y relación de imágenes en perspectiva Axonométrica. Control de la imagen en perspectiva cónica. Presentación de la generación de una volumetría arquitectónica en base a su composición formal

Calendario genérico de impartición de la asignatura.

El planteamiento de la asignatura se basa en sesiones de trabajo de 3 horas semanales. Si bien en este momento el plan de estudios impartido por la Escuela de Arquitectura de Barcelona determina que las asignaturas optativas son de 45 horas, nosotros creemos que para tener una solidez en los conceptos y procesos que aporta esta materia se necesitarían un mínimo de 15 horas de teoría y no menos de 45 horas de práctica sobre ordenador. Esta posibilidad propondría 15 sesiones de 4 horas con la primera de ellas dedicada a los conceptos teóricos y las tres restantes a la formalización de éstos con ejercicios controlados sobre el ordenador. En la actualidad este curso se imparte a una media de 50 alumnos (dos por ordenador) asistidos por dos profespres.

Sesión	Tema de clase Teórica	Ejercicios de apoyo	Trabajos Prácticos
1	Introducción. / Visualización del Espacio 3d.	Visualización, control y comparación de imágenes 2d y 3d.	
2	Sistemas de Visualización Múltiple. / Control de Imágenes Relacionadas por Proyección.	Control de imágenes relacionadas por medio de proyecciones. / Generación de volúmenes a partir de dos de sus proyecciones.	Imágenes relacionadas. Tower House. Arquitecto Takamitsu Azuma
3	Sistema de Coordenadas. / Personalización del Sistema de Coordenadas. / Entidades Condicionadas al Plano de Referencia. / Control de Posiciones mediante Filtros.	Construcción de figuras y volúmenes 3d, a partir del movimiento del sistema de coordenadas.	Módulo pabellón con estructura de nudos y barras
4	Generación de Volúmenes por mallas lineales con aplicación de Perímetros de Ocultamiento (Vértices y Traslación). Control visual.	Construcción de volúmenes 3d, con Perímetros de ocultamiento y aplicación de sistemas automáticos en la generación de formas 3d.	
5	Aplicación de la Malla a la Generación Automática de Volúmenes. Mallas generadas por operaciones geométricas.		Volumetría de una escalera. Generación de un modelo virtual de la escalera del Ayto. De Logroño del arq. R. Moneo

6	Operaciones de carácter general. Movimiento, copia, giro y simetría.	Generación de formas por simetrías repeticiones y copias.	
7	Aplicaciones Gráficas sobre Generación Formal por medio de operaciones 3d.		Escalera helicoidal del interior de la pirámide de Pei en el Museo del Louvre (Paris)
8	Generación de volumetrías con entidades de malla. Mallas de traslación, barrido regladas y de perímetro	Aplicaciones de rutinas para la automatización de procesos repetitivos	
9	Operaciones auxiliares para el control de volumetrías generadas por mallas.	Aplicaciones a la generación y resolución de volumetrías arquitectónicas poliédricas y de elementos genéricos arquitectónicos.	
10	Control y edición de entidades de malla.		
11	Generación formal en base a entidades sólido. Sólidos de formación paramétrica. Sólidos de generación a través de operaciones geométricas.		Torre luminaria del parque de la España Industrial del arq. L. Peña Ganchegui.
12	Operaciones sobre entidades sólido. Generación de sólidos por intersección.	Control y generación de cubiertas plegadas	
13	Recursos de utilización de entidades de malla, superficies o sólidos. Ventajas e inconvenientes.		
14	Control de la Percepción Visual de las Imágenes La imagen alámbrica y el renderizado.		
15	Pruebas de control de rendimiento y suficiencia		

El planteamiento para el trabajo final consiste en la formalización de una de las torres de iluminación que el arquitecto vasco Luis Peña Ganchegui proyectó para un parque público situado en el solar en donde se ubicaba la empresa La España Industrial, que se recuperó como espacio lúdico para la ciudad. Se aporta una reseña bibliográfica de alguna de las revistas y publicaciones en los que aparece dicho proyecto y que básicamente consiste de plantas alzados y fotografías de la obra. Se reclama como ejercicio la entrega de la formalización completa de la maqueta virtual de una de las torres así como una explicación gráfica de los distintos elementos que componen la torre y los procesos empleados para su generación tridimensional, dejando libertad en la metodología y procesos de elaboración del objeto arquitectónico. La presentación se debe hacer en forma de archivo DWG o DGN que incluya una serie de vistas generadas por el alumno con resultados formales finales y explicación gráfica de los procesos de generación utilizados.

La prueba final pretende evaluar a aquellos alumnos que durante el curso no hayan demostrado un nivel suficiente. Esta evaluación se hace de modo individual mediante un ejercicio a desarrollar en cuatro horas sobre un modelo arquitectónico en el que se valora más el análisis y el proceso que se ha utilizado que el resultado final.



