

LA DOCENCIA DE LA REPRESENTACIÓN PARAMÉTRICA. La Representación Paramétrica y los Procesos no Lineales

THE TEACHING OF PARAMETRIC REPRESENTATION. Parametric Representation and Nonlinear Processes

Eloi Coloma, Andrés de Mesa

Las representaciones que suelen usar los arquitectos para desarrollar sus proyectos arquitectónicos contienen información sobre él, pero no acerca de los procesos de modelado que se han llevado a cabo para obtenerlas, cosa que impide su automatización. Esto hace que el proceso de diseño tienda a desarrollarse de forma lineal, ya que depende de la elaboración de múltiples representaciones que deben ser reconstruidas manualmente cada vez que éste se modifica. La representación paramétrica, en cambio, se basa en la descripción de su propio proceso de modelado, lo que ofrece una forma radicalmente diferente de afrontar el problema de la representación y, por extensión, del diseño en sí mismo. Este artículo expone estos argumentos, contrastándolos con la experiencia docente de sus autores durante la impartición de una asignatura de modelado tridimensional avanzado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Palabras clave: Representación, Paramétrico, Docencia, Geometría

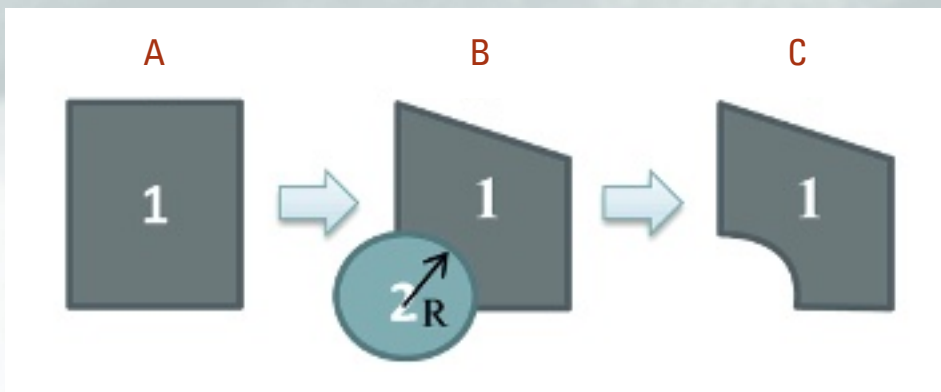
Representations often used by architects to develop his architectural projects contain information about it, but not about modeling processes that have been carried out to obtain those representations, which prevents automation of the modeling processes. This creates a tendency to develop the design process in a linear fashion, since it depends on the creation and maintain of multiple representations that need to be rebuilt manually each time the project changes. The parametric representation, however, is based on the description of the modeling process itself, which offers a radically different way of tackling the problem of representation and, by extension, the design itself. This article explains these arguments, contrasting them with the teaching experience of their authors during an advanced three-dimensional modeling course at the School of Architecture of Barcelona (ETSAB).

Keywords: Representation, Parametric, Teaching, Geometry



1. Para ir de A a C hay que realizar dos operaciones sobre el elemento 1 que deben ser repetidas si se quiere cambiar el radio R, incluyendo la construcción del elemento 2.

1. To get from A to C, two operations have to be performed on the element 1, which have to be repeated if the radius R is changed, including the construction of the element 2.



1

Las representaciones que suelen usar los arquitectos para desarrollar sus proyectos arquitectónicos contienen información sobre él, pero no acerca de los procesos de modelado que se han llevado a cabo para obtenerlas. Se trata pues de Representaciones Literales, pues no contienen más información de la que muestran. Así, una planta arquitectónica describe una parte muy concreta del edificio, pero no contiene información de cómo se ha llegado a ese resultado, tanto desde el punto de vista de la representación en sí, como del diseño de la misma. Lo mismo ocurre con los modelos tridimensionales, tanto digitales como analógicos (maquetas). Esto impide que se pueda utilizar la información contenida en las representaciones para automatizar o alterar su propio proceso de modelado o de diseño de aquello que representa.

Por esta razón, cada vez que se desea realizar una modificación en una representación, la parte afectada suele ser destruida para ser nuevamente reconstruida, ya que la mayoría de representaciones se obtienen después de

varias operaciones que necesariamente deben ser ejecutadas en un determinado orden. Por lo tanto, la edición y creación de estas representaciones se convierte definitivamente en un *proceso lineal* (Mesa y Regot 1999). Esto transforma el propio proceso de diseño en una estructura consecutiva, puesto que suele desarrollarse de forma secuencial y en un orden concreto, con la finalidad de minimizar las modificaciones de las representaciones, que siempre implican un cierto grado de destrucción del trabajo previo.

No obstante, la informatización de las representaciones ha permitido incluir en ellas datos acerca de sus propias características. Esta capacidad se ha aprovechado tradicionalmente para gestionar de manera más eficiente los modelos informáticos, permitiendo flexibilizar las visualizaciones que se obtienen de una misma representación, ya sea para trabajarlos con más facilidad o para publicar su contenido de forma adecuada. Pero también se ha ido desarrollando *la idea de incrustar en las representaciones su propio proceso de construc-*

Representations often used by architects to develop their projects contain information about the building, but not about those modeling processes that have been carried out to obtain the representations. Therefore, they are *literal representations* since they do not contain more information than they show. Thus, an architectural floor plan describes a very specific part of the building, but it does not contain information about how this result is obtained, both from the point of view of the representation itself and from the design of the spaces. The same goes for three-dimensional models, both digital and analog (scale models). This prevents from using the information contained in representations to automate or alter its own modeling process or design of what it is represented.

For this reason, every time a change in a representation is needed, the affected part is usually destroyed to be rebuilt again, since most representations are obtained after several operations that must necessarily be executed in a certain order. Therefore, editing and creation of these representations definitely becomes a *linear process* (Mesa and Regot 1999). This transforms the design process itself in a consecutive structure, since it is often developed sequentially and in a specific order to minimize changes in the representations, which always involve a certain degree of destruction of the previous work.

Despite that, the computerization of representations has enabled to include data in them about their own characteristics. This capability has been traditionally used to manage more efficiently the computer models, allowing more flexible visualizations obtained from a particular representation, aiming to work with them easier or to publish their content properly. But, at the same time, it has been developed *the idea of embedding the modeling process inside the representation itself*, through what it could be called *Parametric Representation*. Parameterizing a representation is to describe its creation process through the relationships among the factors that define it and operations that are performed to obtain it. To make this possible, it is necessary to use a technology that allows to modify its formulation at any time, and, at the same time, is capable to automatically transmit the effects of these changes to the representation for immediate verification. This includes a visualization system



- 2. El elevado riesgo que tiene una representación de ser reconstruida a lo largo del proceso de diseño hace aconsejable que este se lleve a cabo de forma lineal, Esto implica que cuando un proceso depende del resultado de otro, se deba esperar a la finalización del primero para empezar el segundo.
- 3. Aunque los parámetros de las entidades y las operaciones sean las mismas, el orden en el que estas se ejecutan determina el resultado final.
- 4. Los procesos no lineales permiten que las tareas no se realicen de forma secuencial. Esto posibilita la ejecución de procesos de diseño en paralelo y la toma precoz de decisiones.

- 2. The high risk that representation has of being rebuilt along the design process, makes advisable to do it in a linear way. This implies that when a process depends on the outcome of another, it is needed to wait for completion of first one to start the second one.
- 3. Although the parameters of the entities and operations are the same, the order in which these are executed determines the final result.
- 4. Nonlinear processes allow having tasks not performed sequentially. This enables parallel execution of design processes and early decision-making.

Reconstrucción por modificación / Reconstruction due to modification



Proceso Lineal / Linear Process



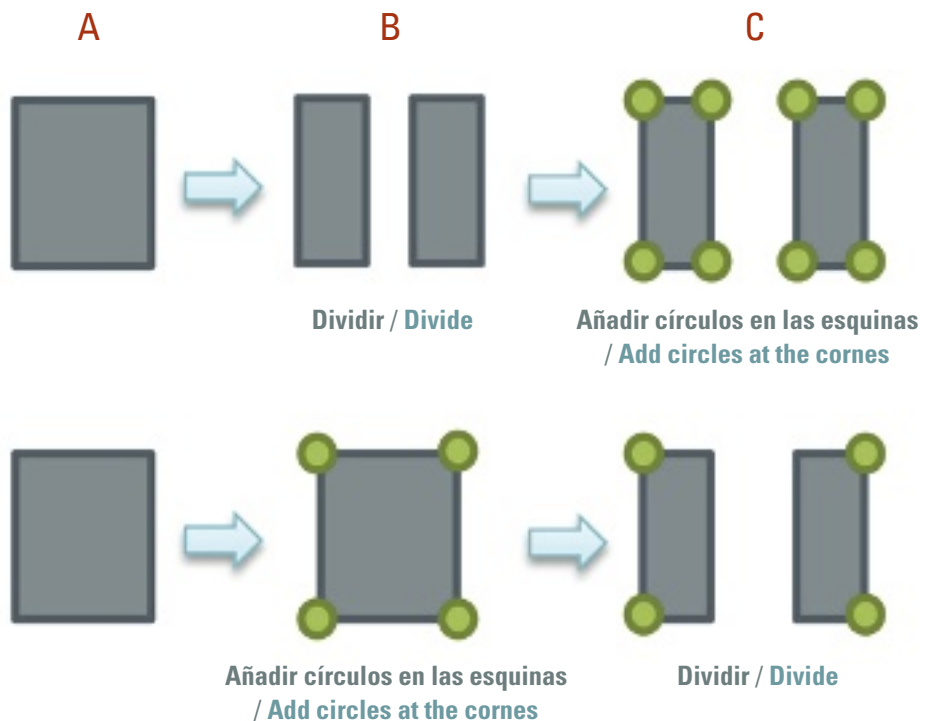
Procesos Secuenciales / Sequential Processes



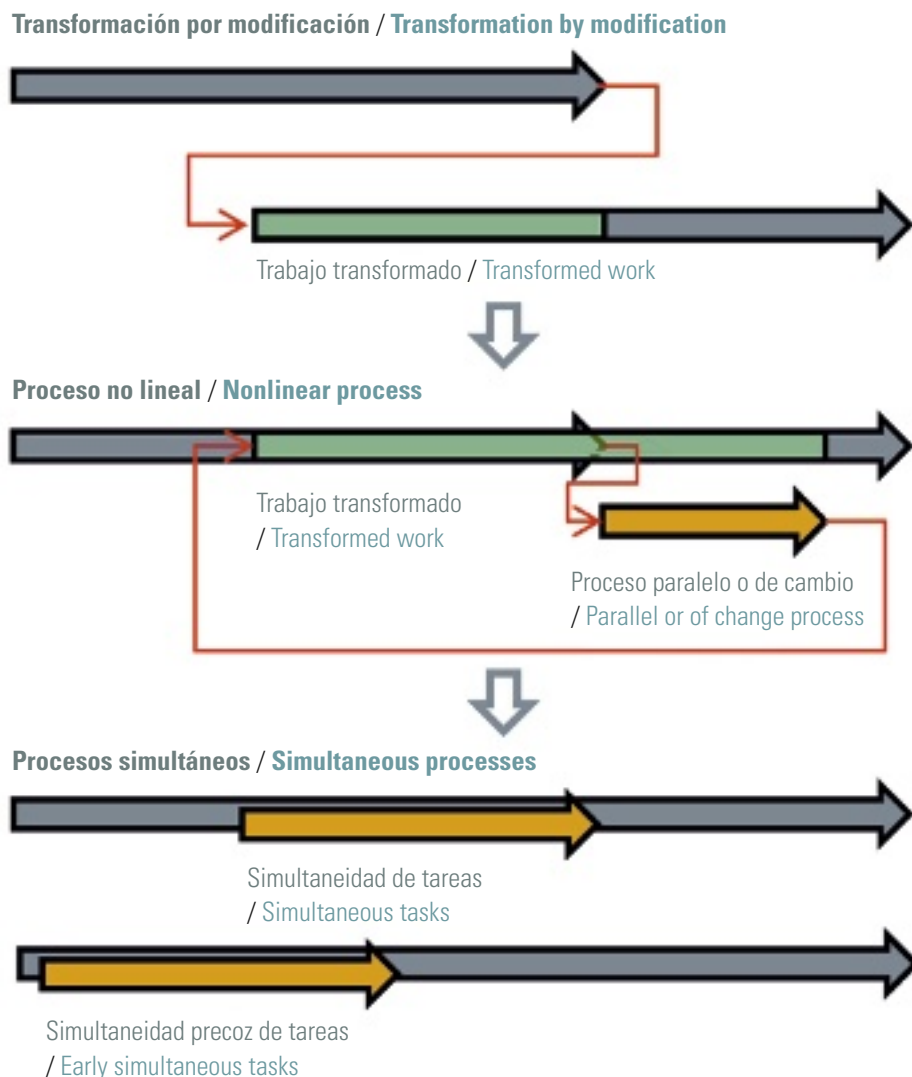
2

that gives access to it and it is also capable to display its results in two-dimensional, three-dimensional, alphanumeric or any other type of representation (Hoffmann and Kimb 2001). This new form of visualization, the representation *code*, is the main way of action on the model, while the graphical views are often mere ways to verify the results.

The parametric representation works on the modeling design process and not on its final outcome. This makes possible to rewrite the history of a representation at any time by altering parts of it and observing its consequences. In contrast, non-parametric representations only preserve the current state of the representation for each modification process, preventing subsequent modifications on previous input data and operations. Consequently, the parametric system can react to changes or unforeseen needs and, at the same time, allows that many of those processes that previously needed to be sequenced can now be developed in parallel, since the results obtained by one and the other can be assimilated without prejudice to the modeling work already performed. Therefore, the parametric representation facilitates the



3



creation of designs adaptable to different situations and optimizes the processes of modeling since it enables a nonlinear approach for representation and design processes. Additionally, the parameterization process itself involves the inclusion of the design criteria the object must meet. This allows these representations to simulate the behavior of what they describe and to reuse this knowledge in other designs, being adapted to new requirements (Sacks, Eastman and Lee 2004). The parametric representation is the technological foundation of Integrated Practice (Coloma 2010), which defends the idea that everyone involved in the lifecycle of a building must collaborate throughout all phases of design and the effort made in each phase be exploited by the next (AIA California Council and McGraw-Hill Construction 2007). This is why it is virtually impossible to integrate so many different professionals and interests without a system of representation capable of developing a non-linear approach and linking multi-disciplinary aspects.

A Subject in Constant Renovation

Since 1995, the optional course “Three-dimensional Modeling Applied to Design” is taught School of Architecture of Barcelona, with the aim to educate students in the advanced use of contemporary technologies of three-dimensional representation and to be an experimental laboratory of new technologies to be applied in teaching of mandatory subjects. For this reason, the content of this course have been evolving constantly, starting from the mesh modeling, through the use of solids and, since 2005, going in-depth into the possibilities of modeling with NURBS. Following this approach, and based on our professional experience in the field of parametric representation applied to architectural design, we concluded that it was necessary to renew the set of topics covered to include this technology, since it is currently booming in architecture and its development is mature enough to be used at the level of initiation. In contrast, the traditional three-dimensional representation suffers stagnation, focusing its innovation on improving the direct modeling interface; witch begins to incorporate simple parametric functions. Grasshopper was chosen as a suitable tool, since

4

ción, a través de los que podríamos llamar *Representación Paramétrica*.

Parametrizar una representación es describir su proceso de creación a través de las relaciones que existen entre los factores que la definen y las operaciones que se realizan para obtenerla. Para ello, es necesario utilizar una tecnología que permita modificar esta formulación en cualquier momento, y que al mismo tiempo sea capaz de transmitir automáticamente los efectos de estos cambios a la representación para su verificación inmediata. Esto incluye un sistema de visualización que dé acceso a ella, y que a su vez, sea capaz de mostrar su resultado como re-

presentación bidimensional, tridimensional, alfanumérica o de cualquier otro tipo (Hoffmann y Kimb 2001). Esta nueva forma de visualización, la del *código* de la representación, es la principal vía de actuación sobre el modelo, mientras que las vistas gráficas suelen ser simples medios de verificación de los resultados.

La representación paramétrica trabaja sobre el proceso de diseño del modelado y no sobre su resultado final. Esto hace posible que se pueda reescribir la historia de una representación en cualquier momento; alterando partes de ella y observando sus consecuencias. En cambio, las representaciones que no

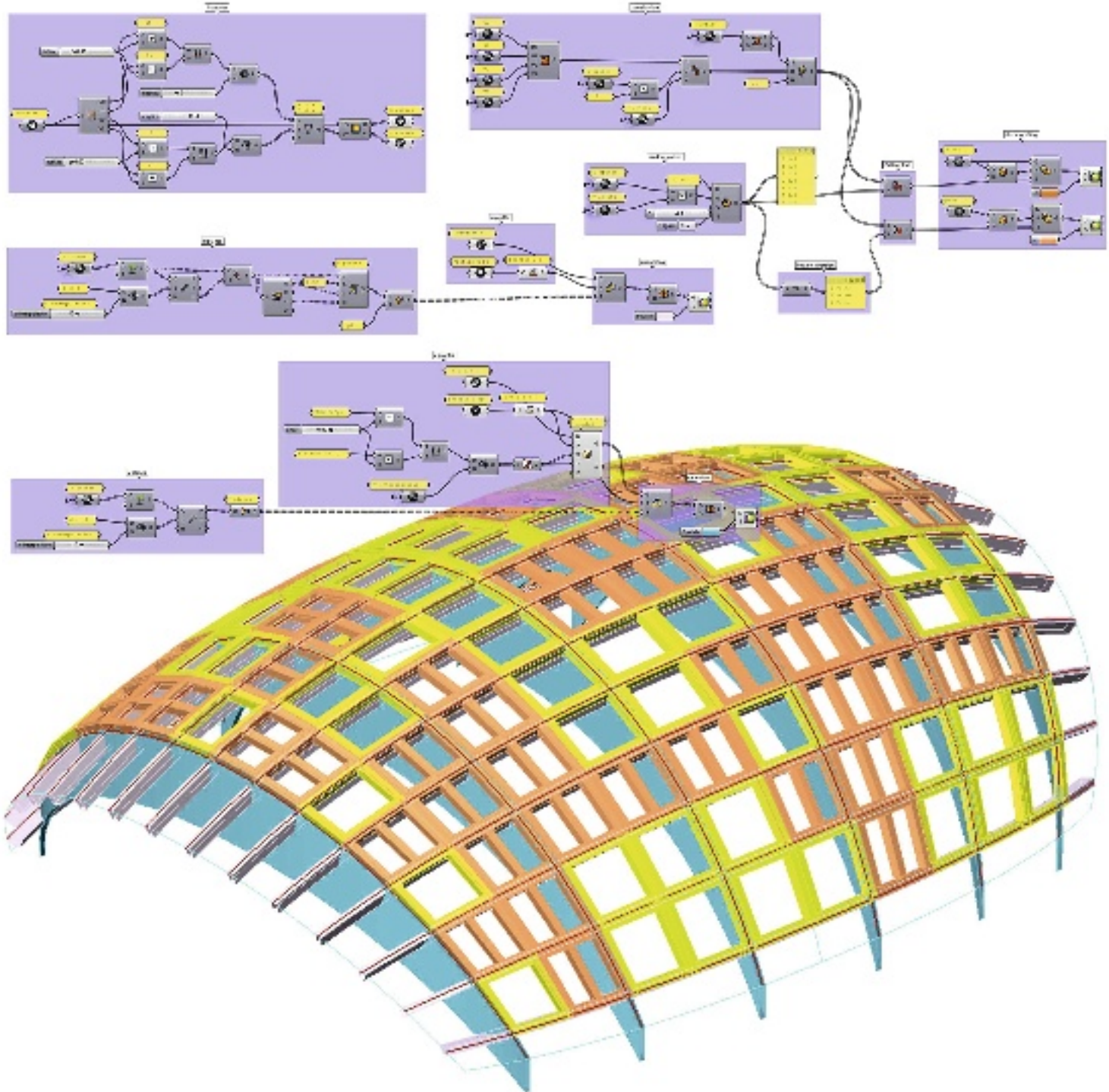


5. El potencial de este sistema de representación de cara a la productividad es evidente: Una sola representación, múltiples soluciones aplicables a diferentes contextos manteniendo unos mismos criterios de diseño.

5. The power of this method of representation for the productivity is clear: A single representation, multiple solutions applicable to different contexts while maintaining the same design criteria.

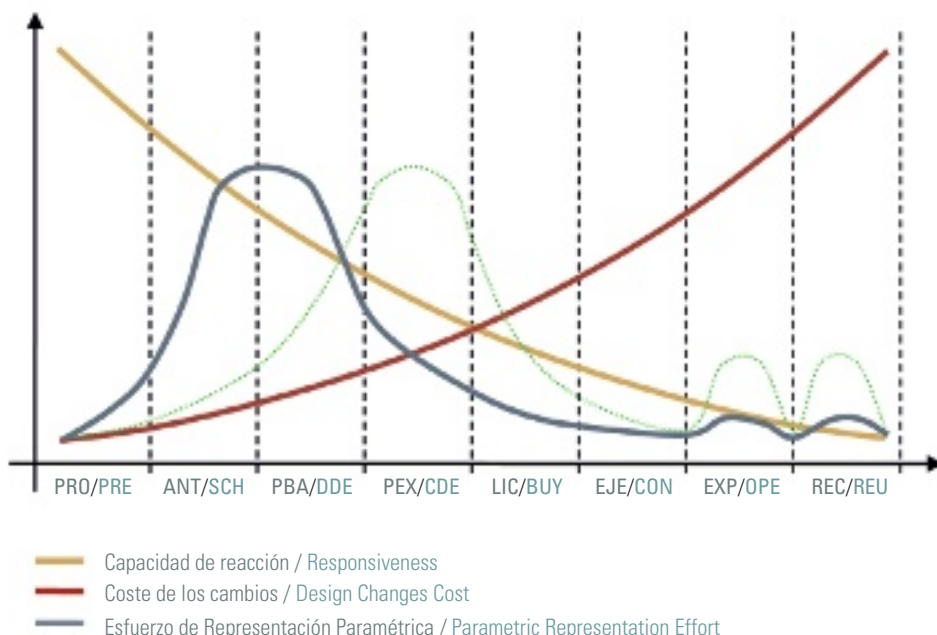
6. Si se pueden adelantar los esfuerzos de desarrollo a fases más tempranas, todos los implicados en el diseño de un edificio tendrán más margen de maniobra para tomar decisiones y éstas serán más acertadas.

6. If it is possible to advance the development efforts to early stages, everyone involved in the design of a building will have more leeway to make decisions and these will be more successful.





PRO = Promoción	LIC = Licitación y Legalización	PRE = Pre-Design	BUY = Buyout-Agency
ANT = Anteproyecto	EJE = Ejecución	SCH = Schematic Design	CON = Construction
PBA = Proyecto Básico	EXP = Explotación	DDE = Design Development	OPE = Operate
PEJ = Proyecto Ejecutivo	REC = Reciclaje	CDE = Construction Develop	REU = Reuse



6

son paramétricas sólo conservan el estado actual de la representación para cada proceso de modificación, impidiendo que se puedan alterar a posteriori los datos introducidos y las operaciones realizadas previamente.

Como consecuencia, el sistema paramétrico permite reaccionar ante cambios o necesidades no previstas y, a la vez, que innumerables procesos que antes debían secuenciarse, ahora pueden desarrollarse en paralelo, ya que los resultados obtenidos por uno y otro podrán ser asimilados sin perjuicio del trabajo de modelado realizado. Por lo tanto, la representación paramétrica facilita la creación de diseños adaptables a diversas situaciones y optimiza los procesos de modelado al permitir que tanto los procesos de representación como los de diseño se desarrollen de forma no lineal.

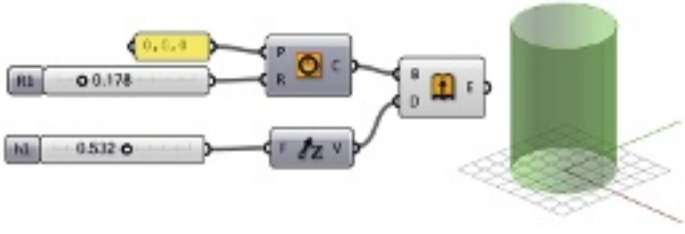
Por otra parte, el propio proceso de parametrización comporta la inclusión de los criterios de diseño que el objeto debe cumplir. Esto permite que estas representaciones puedan simular el comportamiento de lo que describen y que este conocimiento pueda ser aprovechado en otros diseños, adaptándose a nuevos requerimientos (Sacks, Eastman y Lee 2004).

La representación paramétrica es la base tecnológica de la *Práctica Integrada* (Coloma 2010), la cual defiende la idea de que todos los implicados en la vida de un edificio participen a lo largo de todas las fases de diseño y que el esfuerzo realizado en cada fase sea aprovechado en la siguientes (AIA California Council y McGraw-Hill Construction 2007). Esto es así porque resulta prácticamente imposible integrar tantos profesionales e

from the pedagogical point of view is an application of parametric programming that allows a degree of customization for all functions large enough to reach a reasonable level of implementation in the time available. Moreover, this application works on Rhinoceros, which is the NURBS modeling tool used as well in the three-dimensional representation compulsory subject and is capable to capture the geometry generated on it as a parameter of its functions. This allows creating parametric representations which work from geometry modeled by traditional CAD tools (Mirtschin 2011). The subject was developed in three-hour sessions with some time spent on giving theoretical concepts exemplified with small exercises. At the end of the course, the students were confronted with a individual design exercise. This allowed to address topics that had not been taught in class, considering the particular needs of each project. The assessment of student performance was made based on the results of the exercises. Additionally it was evaluated the level of understanding of the subject through an intermediate examination.

Course Structure

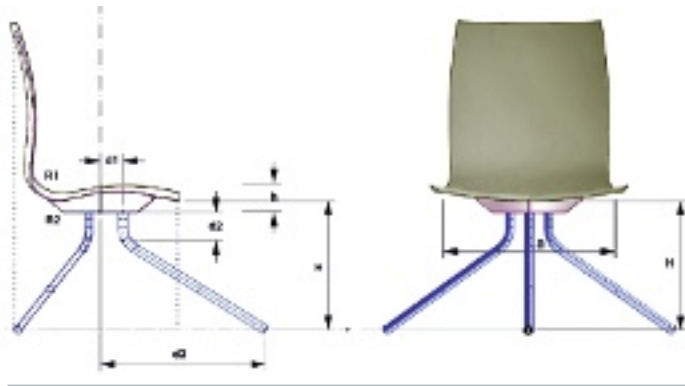
The main challenge was to facilitate a much more systematic and effective control of their models to the students of architectural design, using the same tools developed by disciplines with a distinct approach. This approach gives them a radically different way of thinking and working compared with what they normally use and know. While traditional representation technologies are a tool for improving the product itself, the parametric representation pursues the improvement of the design through the development of their creation processes. With this premise, the course was organized around three areas whose content was taught in an integrated way along it. The first area contained the finite geometry topics, i.e., related to the modeling of objects with curved surfaces, including their intersections. These contents, besides being essential for modeling formal representations, served as a connection to the traditional world of three-dimensional modeling. The second area contained the backbone of the development of the subject and was focused on exposing the structure that holds all parametric representation. On the one hand, it were studied



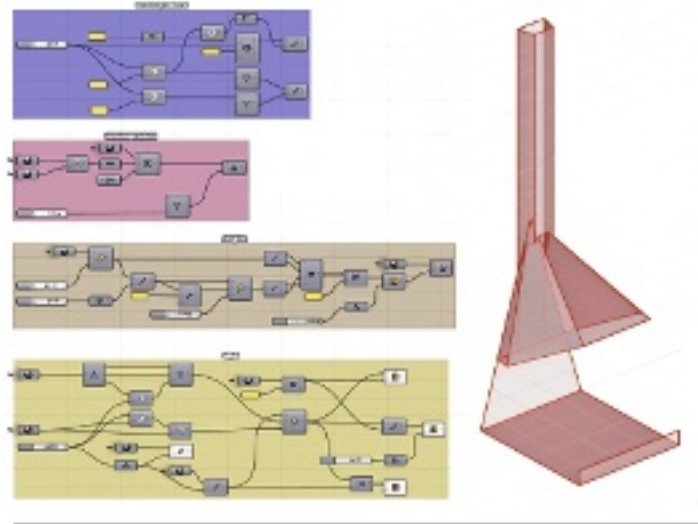
7



9



8



10

7. Visualización del código y el resultado de la representación paramétrica elaborada con Grasshopper de un cilindro de radio 0.4 y altura 1.0. En cualquier momento pueden modificarse los parámetros y las funciones que dan origen a esta representación para obtener otra forma o permitir otro tipo de interacción con él. Paralelamente, se puede modelar el perfil circular en Rhinoceros y operar a partir de él.

8. Parte del enunciado del examen parcial que se impuso. Es importante remarcar que, al ser un ejercicio de representación paramétrica, el objeto no estaba acotado sino que se indicaban cuáles eran los parámetros que debían controlar su forma y que condiciones debían cumplir.

9. La forma de la derecha puede describirse mediante el proceso mostrado en la parte izquierda de la imagen. Aquí, cada uno de los pasos puede registrarse, mientras que en el modelado tradicional, acontecen una serie de operaciones que el alumno olvida fácilmente.

10. La parametrización de esta representación de una chimenea requiere la aplicación de diversos conceptos esenciales, como son las operaciones matemáticas simples, las relaciones de semejanza o el posicionamiento según vectores.

11. Parámetros de una escalera de caracol construida en base a sus criterios de diseño. Dados una altura total y la contrahuella, valor ergonómico y radio interior deseados, el sistema calcula los demás valores, informa de ellos y construye la representación.

12. Mark Sanjuan presentó este proyecto inspirado en el *Lungo Mare* de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue. Todo el objeto se controla mediante once puntos que actúan en una matriz de puntos. Las curvas de control son muy efectivas a la hora de visualizar la topología de este elemento. Aquí no son un elemento de construcción, sino de control y se puede decir que sus curvas están parametrizadas de forma reactiva, ya que dependen de la forma de la superficie y de la altura que ocupan.

7. Sample of code and result of the parametric representation built with Grasshopper for a cylinder of radius 0.4 and height of 1.0. At any time, parameters and functions source of this representation can be modified obtaining another shape or allowing another type of interaction. Similarly, the circular profile can be modeled in Rhinoceros and operate from it.

8. Sample of an exam statement. It is important to notice that, as an exercise in parametric representation, the object was not dimensioned. Instead of this, the parameters that should control its shape and what conditions they should accomplish were given.

9. The shape on the right can be described by the process shown on the left side of the image. Here, each step is recorded, whereas in the traditional modeling a series of operations occur that students forget easily.

10. The parameterization of this representation of a fireplace requires the implementation of various key concepts such as simple mathematical operations, relations of similarity or vectorial positioning.

11. Parameters of a spiral stairs built on their design criteria. Given a total height of the stair, ergonomic value and desired inner radius, the system calculates the other values, reports them and constructs the representation.

12. Mark Sanjuan presented this project inspired by the *Lungo Mare* by Enric Miralles and Benedetta Tagliabue. The whole object is controlled by eleven points that operate in a matrix of dots. The control curves are very effective at displaying the topology of this item. In this case, they are not a shape primitive, but a visual control resource, it can be said that their curves are parameterized in a reactive way, since they depend on the shape of the surface and the height they occupy.



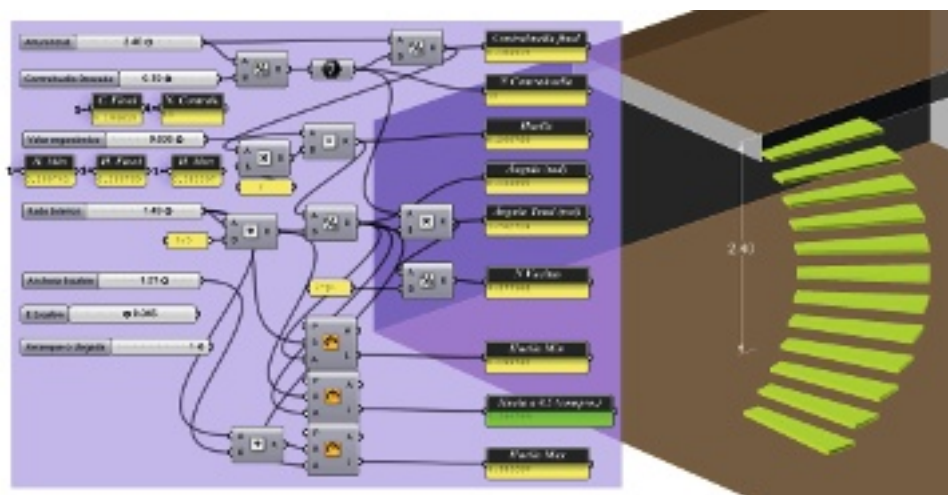
intereses sin un sistema de representación capaz de desarrollarse de forma no lineal y de relacionar aspectos multidisciplinares.

Una Asignatura en Constante Renovación

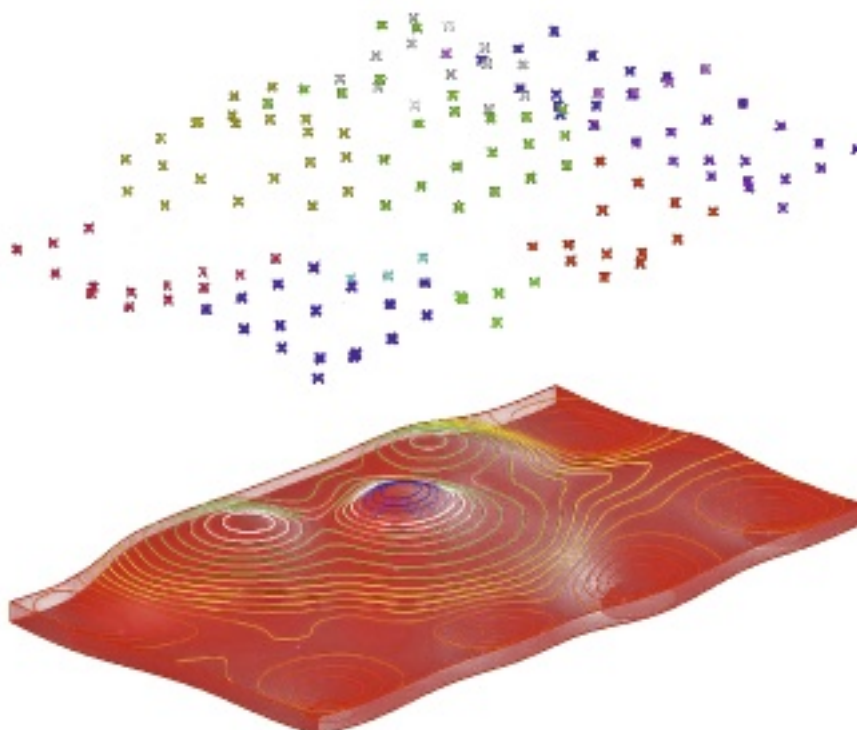
Desde el año 1995, se imparte en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura la asignatura optativa “*Modelado Tridimensional Aplicado al Diseño*”, con la vocación de formar a los alumnos en el uso avanzado de tecnologías contemporáneas de representación tridimensional y de servir de laboratorio de experimentación con nuevas tecnologías para su aplicación en la docencia de las materias obligatorias. Por esta razón, los contenidos de esta asignatura han sufrido una constante evolución, partiendo del modelado a partir de mallas, pasando por el uso de sólidos y, desde el año 2005, profundizando en las posibilidades del modelado con NURBS.

Siguiendo esta filosofía, y a tenor de nuestra experiencia profesional en el campo de la representación paramétrica aplicada al diseño arquitectónico, llegamos a la conclusión de que era necesario renovar la materia para que contemplase esta tecnología, ya que actualmente se encuentra en plena eclosión en el campo de la arquitectura y su desarrollo está suficientemente maduro como para ser utilizada a nivel de iniciación. En cambio, la representación tridimensional tradicional sufre un notable estancamiento, centrándose su innovación en la mejora del interface de modelado directo que, precisamente, empieza a incorporar funcionalidades paramétricas simples.

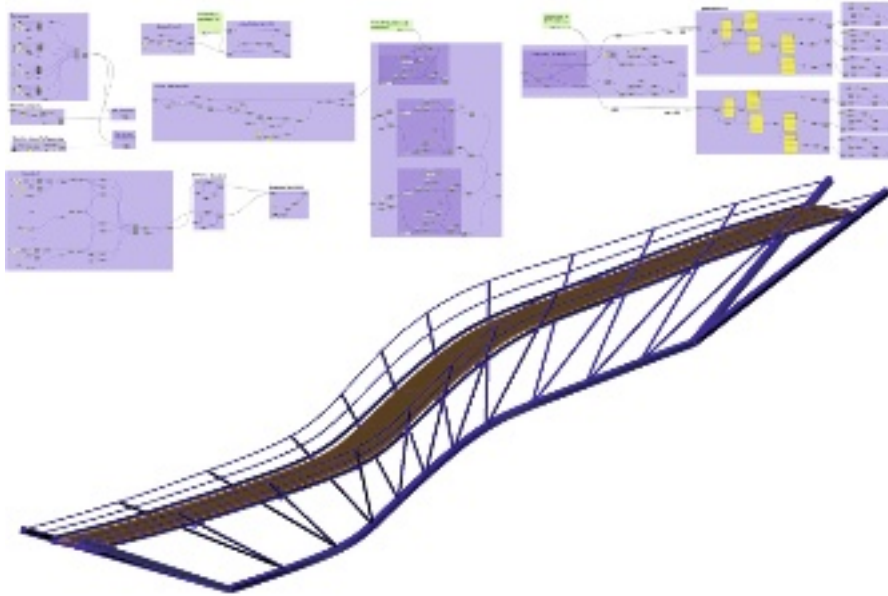
Como instrumento, se escogió Grasshopper, ya que desde el punto de vista pedagógico es una aplicación de pro-



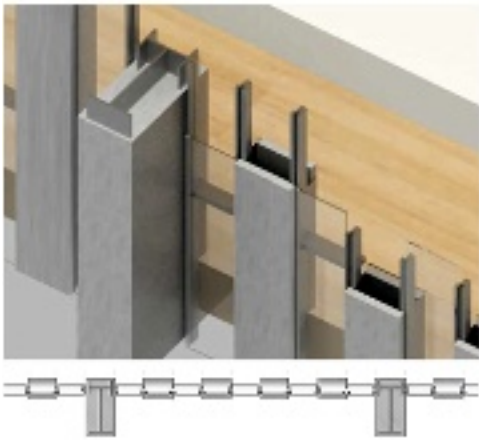
11



12



13



14

13. La cantidad de elementos interrelacionados que contiene esta simple construcción diseñada por Clara Bernad es destacable. Modelada literalmente, esta representación sería muy costosa de modificar y, por tanto, la obtención de diferentes variantes como método de diseño estaría limitada. En cambio, la representación paramétrica de este elemento lo hace totalmente viable, así como la inclusión de criterios como el ahorro de material o la optimización de esfuerzos, ya que cualquier cambio en el resultado se obtiene prácticamente sin esfuerzo.

14. Este ejercicio tuvo el interés añadido de estar basado en un proyecto del propio estudiante que lo realizaba. Ignasi Hermida ya había representado su edificio mediante métodos tradicionales y quería conseguir una representación paramétrica que le permitiera hacer variaciones con mayor facilidad. Arriba, detalles de la fachada del proyecto. Abajo, dos resultados de la misma representación paramétrica; una con la distribución sugerida en el proyecto y la otra con una distribución aleatoria de huecos y opacos, pero manteniendo, obviamente, la continuidad de los paneles que ocultan la estructura.

13. The number of interrelated elements that contain this simple construction designed by Bernard Clara is remarkable. Modeled literally, this representation would be very costly to modify and therefore obtaining different variants as a design method would be limited. In contrast, the parametric representation of material optimization efforts, since any change in the result is obtained practically effortless.

14. This exercise had the value of being based on a project done by the student himself. Ignasi Hermida had already represented his building using traditional methods and wanted to get a parametric representation to allow him to make changes more easily. Above, detail of the projected façade. Below, two results of the parametric representation, one with the distribution suggested in the project and the other with a random distribution of voids and opaque, while maintaining, of course, the continuity of the panels that hide the structure.

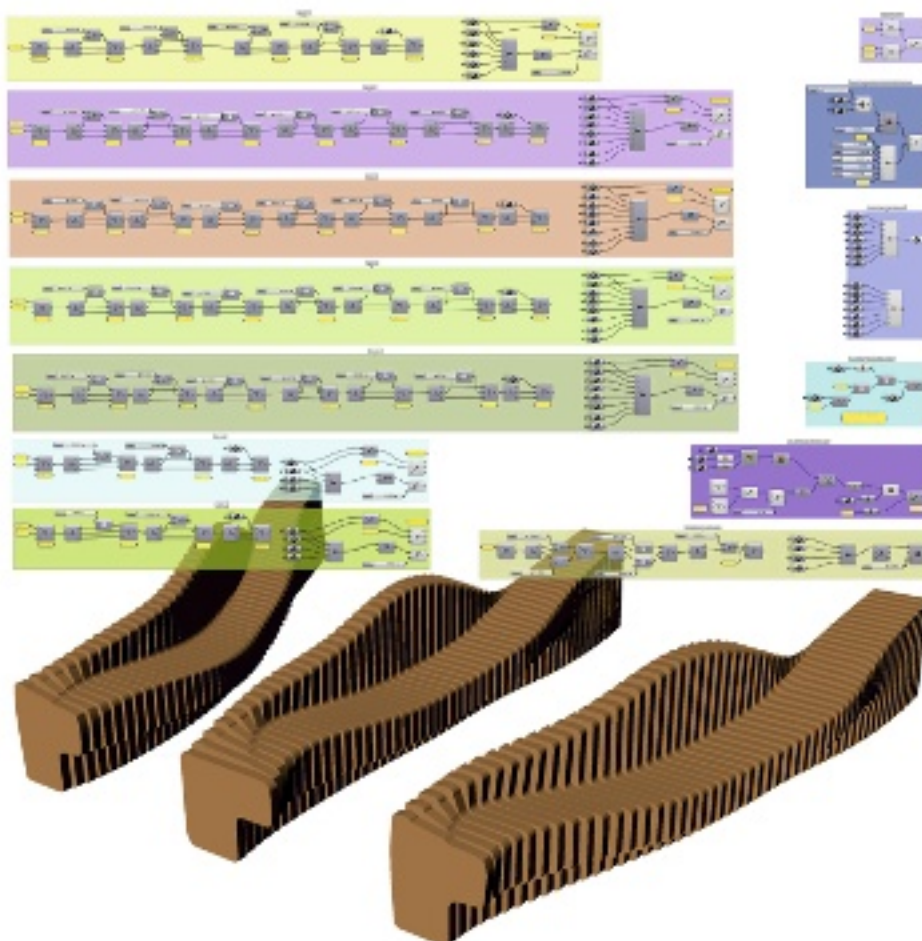
gramación paramétrica que permite un grado de personalización de todas sus funciones suficientemente amplio como para poder alcanzar un nivel razonable de implementación en el tiempo que disponíamos. Por otra parte, este programa funciona sobre Rhinoceros, que es el modelador NURBS que utilizamos en la asignatura obligatoria de representación tridimensional, permitiendo capturar la geometría generada por Rhinoceros como parámetro de sus funciones. De esta forma, es posible crear representaciones paramétricas que trabajen a partir de geometría modelada mediante herramientas tradicionales de CAD (Mirtschin 2011).

La asignatura se desarrolló en sesiones de tres horas en las que se invertía una parte del tiempo en impartir conceptos teóricos ejemplificados con pequeños ejercicios. Al final de la materia, los alumnos tuvieron que afrontar un ejercicio de diseño propio con carácter individual. Esto dio pie a tratar temas que no se habían impartido en clase, atendiendo a las necesidades particulares de cada proyecto.

La evaluación del rendimiento del alumno se hizo mediante los resultados obtenidos en los ejercicios. También se valoró el grado de seguimiento de la asignatura durante el curso mediante un examen intermedio.

Estructura Curricular

El principal reto de la materia fue conseguir que, mediante las mismas herramientas desarrolladas por disciplinas tradicionalmente alejadas del diseño arquitectónico, los alumnos adquiriesen un control mucho más sistemático y eficaz de sus modelos a través de una forma de trabajar radicalmente distinta a la que ellos conocen. Mientras que las tecnologías tradicionales de representación son un instrumento



15. Inspirado por el diseño del banco Urban Adapter, Mauro Juiz quiso crear su propia versión. La parte izquierda controla los siete perfiles, mientras que la derecha conforma todo el mueble. Si las secciones hubieran sido modeladas literalmente, el código hubiera sido mucho más simple, pero la parametrización de estos perfiles permite controlar de forma más analítica su morfología. Debajo, tres resultados diferentes de la misma representación.

15. Inspired by the design of the bench Urban Adapter, Mauro Juiz wanted to create his own version. The left side controls the seven profiles, while the right one constitutes the entire furniture. If the sections had been modeled literally, the code would have been much simpler, but the parameters of these profiles allow a more analytical control of their morphology. Below, three different results of the same representation.

15

para la mejora del producto en sí, la representación paramétrica busca la mejora del diseño a través del desarrollo de sus procesos de creación. Con esta premisa, el curso se organizó alrededor de tres ámbitos cuyo contenido se impartió de forma integrada a lo largo de la misma.

El primer ámbito lo ocuparon temas de geometría finita, es decir, lo relacionado con el modelado de objetos mediante curvas y superficies, incluyendo sus intersecciones. Estos contenidos, además de ser imprescindibles para el modelado de representaciones formales, sirvieron de conexión con el mundo tradicional del modelado tridimensional.

El segundo ámbito, configuró el cuerpo principal del desarrollo de la materia y fue dedicado a exponer la estructura que sostiene toda representación paramétrica. Por un lado, se estudiaron los sistemas numéricos (series, dominios, algebra, trigonometría y funciones), que soportan y permiten desarrollar las geometrías de referencia infinitas (punto, vector y plano). Por otro lado, se estudiaron las operaciones de transformación e Intersección entre entidades infinitas. Y por último, se desarrollaron los sistemas condicionales y de gestión de datos mediante listas, ambos indispensables para crear y gestionar un estructura paramétrica.

the numerical systems (series, domains, algebra, trigonometry and functions), that support and allow to develop the infinite reference geometry (point, vector and plane). On the other hand, it were studied the processing operations and intersections between non-finite entities. Finally, data management through lists and conditional systems were developed, both indispensable to create and manage a parametric structures. Finally, the third area was devoted to the methodologies required to parameterize the three-dimensional representation of an object. In this field, the main objective was to develop the establishment of relations: at entity level, at object level and as a system. At the same time, it was developed the flow hierarchy of this type of data and its parameterization according to the design criteria. This structure supports any form and it is not subordinated to the development of a specific shape such it happens in traditional 3D modeling systems.

Students' Woks

Despite the fact that students had to develop their own versions of all the exercises, the purpose was to develop their own free theme design. Near the end of the course, they were asked to provide an explanation to illustrate their purpose and motivation, including some design references as inspiration for their proposal. Once the theme was accepted, each exercise was developed individually under our supervision, carried out both face to face and remotely. The final delivery was the parametric representation itself, which code needed to be properly organized and documented, accompanied by at least three different formal results.



Conclusions

The parametric representation is based on the description of the modeling process itself, which offers a radically different way of facing with the problem of representation and, by extension, the design itself. First, the possibility of developing non-linear design processes opens the door to a genuine collaboration between the stakeholders, not only in the design phase, but in any other stage of the building lifecycle. Second, the low cost that have the different results obtained, transforms the models into interactive resources that, in turn, allow obtaining additional designs that can be reached either by trial and error or through analytical methods. Finally, the parametric representation implements the knowledge of the designers into the model, which can be used effectively in other situations thanks to their flexibility.

However, the most relevant aspect of this technology is that it responds to specific needs of the industry, so we consider necessary to include this kind of content in the curriculum given by schools of architecture. Otherwise, it will become obsolete and will miss the opportunity of participating in the evolution of the ideation processes that occur outside the classroom. From the academic point of view, we have found that the knowledge that students must master to make such representations have little to do with those based on traditional technologies, including Descriptive Geometry, which began to manifest obsolescence during the development of the digital three-dimensional modeling, which does not need projective methods for the formalization of objects. The rigorous parameterization requires the assimilation of concepts much closer to mathematic geometry and software programming and architecture students demonstrate important gaps in these areas. For this reason, we believe it is important to strengthen this knowledge during the development of a course like this one. Otherwise, there is a risk of falling into the frivolity of the formalism, currently so common in the Web. Additionally, we believe that contemporary teaching practice requires a much more proactive attitude from the teacher's side. Today, knowledge is distributed and not unidirectional. To be kept up to date, it is needed a constant renewed training. This makes impractical to ongoing development of durable teaching materials, since it must evolve to keep pace with the knowledge that embraces. ■

16. The transition from dihedral as a method of form representation to parametric mapping systems is the result of the effort of many professionals. The academic world must respond to this endeavor.

16. El paso del diédrico como método de representación de la forma a sistemas paramétricos de mapeo de superficies es fruto del esfuerzo de multitud de profesionales. El mundo académico debe responder a este empeño.

Finalmente, el tercer ámbito de la materia se dedicó a tratar las metodologías necesarias para parametrizar la representación tridimensional de un objeto. En este campo, el principal objetivo fue desarrollar el establecimiento de relaciones: a nivel de entidad, a nivel de objeto y como sistema. Al mismo tiempo se desarrolló la jerarquización del flujo de este tipo de datos y su parametrización según los criterios de diseño de una estructura abstracta de relaciones que soporta cualquier forma y no está supeditada al desarrollo de una forma concreta tal como sucede en los sistemas de modelado 3D tradicionales.

Trabajos de Curso

A pesar de que los alumnos tenían que desarrollar sus propias versiones de todos los ejercicios propuestos, nuestra intención era conseguir que desarrollasen un diseño propio de temática libre. Para ello, hacia el final del curso debían presentar una explicación que ilustrase sus intenciones, incluyendo referencias de diseños como inspiración para su propuesta. Una vez aceptado el tema, cada ejercicio se desarrolló individualmente bajo nuestra supervisión, que se llevó a cabo tanto de forma presencial como telemática. La entrega final consistía en la representación paramétrica en sí, cuyo código debía estar convenientemente ordenado y documentado, acompañado de, al menos, tres resultados formales diferentes.

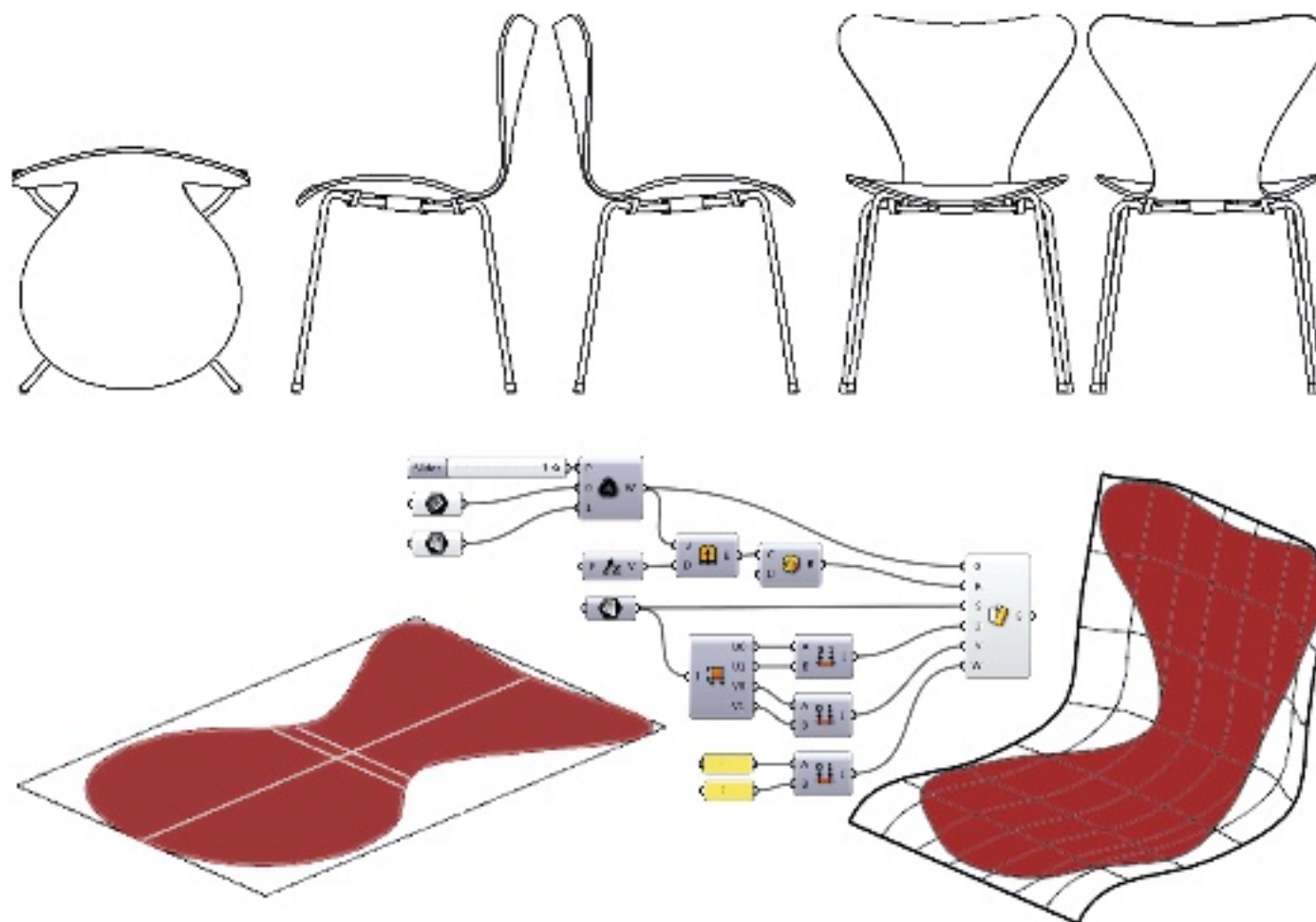
Conclusiones

La Representación Paramétrica se basa en la descripción de su propio proceso de modelado, lo que ofrece una forma radicalmente diferente de afrontar el problema de la representación y, por extensión, del diseño en sí mismo.

En primer lugar, la posibilidad de desarrollar procesos de diseño no lineales abre las puertas a una verdadera cooperación entre los implicados, no sólo en la fase de diseño, sino en cualquier otro estadio del ciclo de vida del edificio. En segundo lugar, el bajo coste que tiene la obtención de resultados diferentes convierte los modelos en recursos interactivos de los que se pueden obtener diseños tanto mediante procesos de prueba y error como a través de métodos analíticos. Finalmente, la representación paramétrica permite la implementación del conocimiento de los diseñadores dentro del modelo, el cual puede ser aprovechado eficazmente en otras situaciones gracias a la flexibilidad de la que hacen gala.

No obstante, lo más relevante de esta tecnología es que responde a necesidades concretas de la industria, por lo que consideramos necesaria la inclusión de este tipo de contenidos en los currículos docentes de las escuelas de arquitectura, ya que, de lo contrario, quedarán irremediablemente obsoletos, perdiendo la oportunidad de participar en una reforma de los procesos de ideación que ya hace tiempo que se está dando fuera de las aulas.

Desde el punto de vista académico, hemos podido comprobar 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, cuya obsolescencia empezó a manifestarse con el desarrollo del modelado tridimensional digital, que no precisa métodos proyectivos para la formalización de objetos. La parametrización rigurosa requiere la asimilación de conceptos mucho más cercanos a la geometría matemática y a la programación y los estudiantes de arquitectura manifiestan carencias muy



16

importantes en estas materias. Por esta razón, creemos que es importante afianzar estos conocimientos durante el desarrollo de una asignatura de este tipo. De lo contrario, existe el riesgo de caer en la frivolidad del formalismo actualmente tan desarrollado en la Web.

Por otra parte, creemos que la docencia contemporánea requiere de una actitud por parte del profesorado mucho más activa. Actualmente, el conocimiento está distribuido y no es unidireccional. Para estar al día hay que mantener una formación constantemente renovada, lo que hace inviable la elaboración de material docente permanente, ya que debe evolucionar al mismo ritmo que la materia de la que se ocupa. ■

Referencias

- AIA California Council y McGraw-Hill Construction, 2007. *Integrated Project Delivery. A working Definition*. AIA California Council website.
- COLOMA, E., 2010. *Tecnología BIM per al Disseny Arquitectònic*. ETSAB, UPC, pp. 81-84.
- HOFFMANN, C.M. y KIMB, K.-J., 2001. Towards valid parametric CAD models. *Computer-Aided Design* 33, nº 1, pp. 84-86.
- DE MESA, A. Y REGOT, J., 1999. Diseño Gráfico. La Proyección Sobre el Plano y el Modelado Tradicional. *Revista EGA*, nº 5, pp. 64-68.
- MIRTSCHEIN, J., 2011. *Engaging Generative BIM Workflows*. Geometry Gym website.
- SACKS, R., EASTMAN, C. y LEE, G., 2004. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, nº13, pp. 291- 312.

References

- AIA California Council and McGraw-Hill Construction, 2007. *Integrated Project Delivery. A working Definition*. AIA California Council website.
- COLOMA, E., 2010. *Tecnología BIM per al Disseny Arquitectònic*. ETSAB, UPC, pp. 81-84.
- HOFFMANN, C.M. and KIMB, K.-J., 2001. Towards valid parametric CAD models. *Computer-Aided Design* 33, nº 1, pp. 84-86.
- DE MESA, A. and REGOT, J., 1999. Diseño Gráfico. La Proyección Sobre el Plano y el Modelado Tradicional. *Revista EGA*, nº 5, pp. 64-68.
- MIRTSCHEIN, J., 2011. *Engaging Generative BIM Workflows*. Geometry Gym website.
- SACKS, R., EASTMAN, C. and LEE, G., 2004. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, nº13, pp. 291- 312.