

REPRESENTACIÓN Y CONFECCIÓN DE ARQUITECTURAS ENTRETEJIDAS. APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE GEOMETRÍA

REPRESENTATION AND CREATION OF INTERWOVEN ARCHITECTURES. APPLICATION IN THE TEACHING OF GEOMETRY

Amaia Casado Rezola

doi: [10.4995/ega.2021.15372](https://doi.org/10.4995/ega.2021.15372)

El artículo pone en valor las arquitecturas entretejidas mostrando la relación directa entre la confección y la representación gráfica arquitectónica. La dificultad de representación de los tejidos o tramas aplicadas a la forma, han limitado su evolución geométrica hasta la llegada de la era digital. Las posibilidades que ofrecen los softwares de modelado están permitiendo solventar dicho hándicap y se puede apreciar como ciertos arquitectos de renombre están pudiendo redescubrir nuevas formas en este tipo de arquitecturas. Estos softwares permiten al alumnado en arquitectura pasar de generar a imprimir en 3D formas geométricas atractivas con facilidad y esto hace que algunas competencias se resientan. Es por ello que se desarrolla una experiencia docente profundizando en la representación

y confección de entretejidos. Se trabajan competencias y habilidades tradicionales apoyadas en nuevas tecnologías, permitiendo al alumnado aumentar las capacidades vinculadas al dibujo y a la ideación-confección de arquitecturas con sus propias manos.

**PALABRAS CLAVE: GEOMETRÍA,
INNOVACIÓN DOCENTE, CESTERÍA**

The article highlights the value of interwoven architectures by showing the direct relationship between creation and architectural graphic representation. The difficulty of representing weaves or wefts, applied to the shape, had limited their geometric evolution until the arrival of the digital era. The possibilities offered by modeling software applications are making it possible to overcome this handicap, and it can be seen how certain renowned architects are rediscovering new shapes in this type of architecture. These software applications allow architecture students to go from generating to printing attractive geometric shapes in 3D with ease, meaning that some skills suffer. That is why a teaching experience is developed that goes deeper into the representation and creation of interwoven artifacts. Traditional skills and abilities are worked on, with the support of new technologies, allowing students to increase their abilities associated with drawing and with the ideation-creation of architecture with their own hands.

**KEYWORDS: GEOMETRY, TEACHING
INNOVATION, BASKETRY**



La docencia de geometría en arquitectura está en continua evolución con el objetivo de que el alumnado adquiera un conocimiento actualizado del estudio y control de las formas geométricas. Se analizan ejemplos muy cercanos al ámbito profesional, tanto para la comprensión de las formas básicas como de las formas complejas (Álvaro et al., 2016) (Cisneros & Cabezos, 2016). El modelado digital y la impresión 3D permiten al alumnado replicar formas geométricas de diferentes ejemplos de referencia en arquitectura con cierta facilidad, sin realizar una reflexión excesivamente profunda. Con el fin de que el alumnado sea más consciente de dicha reflexión, se está desarrollando una experiencia educativa innovadora vinculada a la arquitectura entretejida en las asignaturas de Geometría en la Escuela de Arquitectura. El alumnado amplía el análisis de las formas geométricas, comenzando por el estudio del croquis, el modelado 3D consciente por medio de las técnicas digitales más avanzadas, para acabar produciendo modelos a escala confeccionados con las manos utilizando sistemas tradicionales de cestería. Es un proceso de ida y retorno donde la representación gráfica de los elementos adquiere un papel fundamental. Forma y materia se mimetizan con la confección de las geometrías a mano, permitiendo una conexión profunda con la reflexión mental. Dibujar y confeccionar arquitecturas entretejidas tiene una dificultad añadida debido a que la trama, al margen de la forma proyectada, lleva intrínseca una construcción geométrica, la cual complica la ideación y el dibujo gráfico del diseño. La representación gráfica tradicional,

previa a la digitalización, ha tenido un límite en la creación de nuevas formas, sin embargo, con la llegada de la era digital, el control sobre la geometría tridimensional ha aumentado y han aparecido nuevos métodos de representación que favorecen la innovación de nuevas arquitecturas entretejidas.

Podría decirse que los principios de la Arquitectura entretejida son incluso anteriores al ser humano, que en muchos casos ha tratado de imitar tanto estructuras halladas en la naturaleza como elementos confeccionados por el reino animal. Como afirma Benedetta Tagliabue, *La cestería es el primer lenguaje universal de la humanidad: el lenguaje de las manos*. Las construcciones del mundo animal, entre los que se encuentran los entrelazados de materiales naturales, han sido referentes para el ser humano (Pallasmaa et al., 2020). Del mismo modo, los elementos entretejidos también han tenido su influencia en la arquitectura. Cuenta Vitruvio, en su tratado de arquitectura de la Antigüedad clásica, que el origen del orden corintio se basa en un cesto de mimbre rodeado de hojas de acanto (Fig. 1).

A lo largo de la historia, la arquitectura tradicional entretejida ha utilizado las técnicas manuales y los materiales de la cestería en sus construcciones. Se han tratado a una escala mayor y creado infinidad de elementos arquitectónicos, tales como mobiliario, cerramientos y tejados (Fig. 2). Estos elementos han solido ser de construcción sencilla y de formas geométricas controlables (Tellería et al., 2020). Hoy en día, los entretejidos se siguen trabajando manualmente por artesanos especializados en cestería.

The teaching of geometry in architecture is continually evolving with the aim of providing students with an up-to-date knowledge of the study and control of geometric shapes. Examples very close to the professional field are analyzed, to understand both basic shapes and complex shapes (Álvaro et al., 2016) (Cisneros & Cabezos, 2016). Digital modeling and 3D printing allow students to replicate geometric shapes from different reference examples in architecture with a certain ease, without excessive in-depth reflection. In order to make students more aware of this reflection, an innovative educational experience, linked to interwoven architecture, is being developed in the geometry subjects in the School of Architecture. Students extend the analysis of geometric shapes, starting with the study of sketches, conscious 3D modeling using the most advanced digital techniques, and finally producing scale models by hand, using traditional basketry systems. It is a two-way process in which the graphic representation of the elements takes on a fundamental role. Shape and matter blend together with the creation of the geometries by hand, allowing for a deep connection with mental reflection. Drawing and creating interwoven architectures has an added difficulty due to the fact that the weft, apart from the projected shape, has an intrinsic geometric construction, which complicates the ideation and graphic drawing of the design. The creation of new shapes, using traditional graphic representation prior to digitalization, had its limits. However, with the arrival of the digital era, control over three-dimensional geometry has increased, and new methods of representation have appeared that favor the innovation of new interwoven architectures. It could be said that the principles of interwoven architecture even pre-date the human being, who in many cases has tried to imitate structures found in nature, as well as elements made by the animal kingdom. As Benedetta Tagliabue states, *Basketry is the first universal language of humanity: the language of the hands*. Animal world constructions, including the interweaving of natural materials, have been references for human beings (Pallasmaa et al., 2020). Likewise, interwoven elements have also had their influence on architecture. Vitruvius, in his treatise on architecture of the Classical



Antiquity, recounts that the origin of the Corinthian order is based on a wicker basket surrounded by acanthus leaves (Fig. 1). Throughout history, traditional interwoven architecture has used the manual techniques and materials of basketry in its constructions. They were processed on a larger scale, creating countless architectural elements, such as furniture, enclosures, and roofs (Fig. 2). These elements tended to be of simple construction and controllable geometric shapes (Telleria et al., 2020). Today, interweaving is still carried out by hand by artisans specializing in basketry. It is not easy to find old drawings that represent geometries constructed with interwoven techniques, because of the difficulty that representing the wefts in the ideation of geometric shapes entails. Moreover, it is a knowledge that has been passed down from generation to generation by imitating and repeating constructed models, i.e., physical rather than graphic models. Pre-digital drawings can be found, which graphically explain fiber interweaving methods, where the difficulty of manually representing different three-dimensional weaves can be appreciated (Fig. 3). Nowadays, the digital era has brought about a change in the representation of these interweavings, allowing greater control and precision in drawing the weft, and consequently, in its geometry. Designs have evolved, creating more complex geometric shapes that would have been difficult to envisage before digitalization. Likewise, interwoven architecture has also undergone this change. In recent decades, one can find contemporary buildings that would not have been possible without digital 3D modeling tools.

Representative interwoven architectures

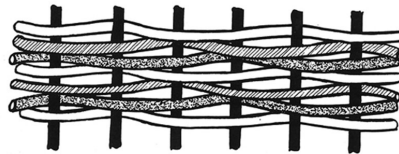
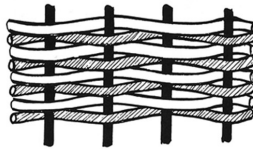
Renowned contemporary architects have experimented with interwoven architectures. They have created different architectures based on aspects of traditional basketry, from furniture and interior architectures to exterior envelopes, even buildings. Campo Baeza likens tectonic architecture to basketry. He describes tectonics as something that stands out for the immateriality of the weave, which tends towards light (Campo Baeza, 2009). Shigeru Ban, Pritzker 2014,



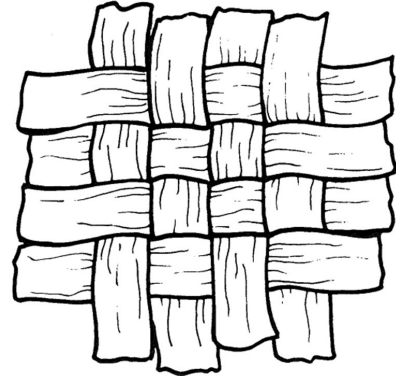
1



2



3



No es fácil encontrar dibujos antiguos que representen las geometrías construidas con técnicas entretejidas por la dificultad que entraña la representación de las tramas en la ideación de las formas geométricas. Además, se trata de un conocimiento que se ha ido transmitiendo de generación en generación a partir de imitar y repetir modelos construidos; es decir, modelos físicos y no gráficos. Se pueden encontrar dibujos previos a la era digital, que explican gráficamente métodos de entretejido de fibras, donde se aprecia

la dificultad que supone representar manualmente diferentes entretejidos tridimensionales (Fig. 3).

En la actualidad, la era digital ha supuesto un cambio a la hora de representar dichos entretejidos, permitiendo mayor control y precisión en el dibujo de la trama, y por consecuencia, en su geometría. Los diseños han evolucionado creando formas geométricas más complejas que antes de la digitalización difícilmente se podían plantear. Así mismo, la arquitectura entretejida también ha sufrido ese cambio. En las



últimas décadas se pueden encontrar edificios contemporáneos que no se hubiesen podido construir sin herramientas digitales de modelado 3D.

Arquitecturas entretejidas representativas

Arquitectos contemporáneos reconocidos han experimentado con arquitecturas entretejidas. Han creado diferentes arquitecturas basándose en aspectos de la cestería tradicional, desde mobiliario y arquitecturas interiores, hasta envolventes exteriores, incluso edificios. Campo Baeza, asemeja la arquitectura tectónica a la cestería. Describe lo tectónico como algo que destaca por la inma-

terialidad de la trama, que tiende hacia la luz (Campo Baeza, 2009). Shigeru Ban, Pritzker 2014, ha experimentado con diferentes entretejidos en alguno de sus proyectos, hasta el punto de llevar al límite algunos conceptos de la cestería tradicional japonesa (Fig. 4). Ban afirma que la belleza de las artesanías se ha investigado tan profundamente, y se ha probado tantas veces a lo largo de los siglos, que se puede transferir fácilmente a una escala mayor (Mineva, 2017). La arquitecta alemana Anna Heringer, que destaca en los últimos años por su arquitectura sostenible, tiene múltiples ejemplos de arquitecturas entretejidas como *los albergues* envueltos con una su-

1. Descubrimiento del orden corintio (Vitruvio, 2000. Los diez libros de arquitectura)
2. Caserío vasco "Igartubeiti", s. XVI
3. Entretejido de mimbre y tiras planas (Harvey, V. (1986). The techniques of basketry)
4. Izda: Scale 1/30 Fruit bowl, 2010, Shigeru Ban. Dcha: Confección propia (autora)
5. Tres albergues en Baoxi, 2016, Anna Heringer

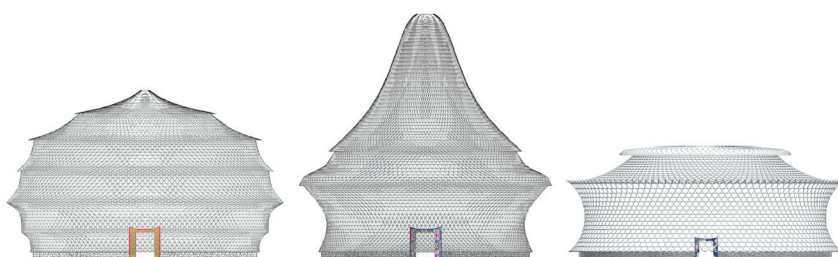
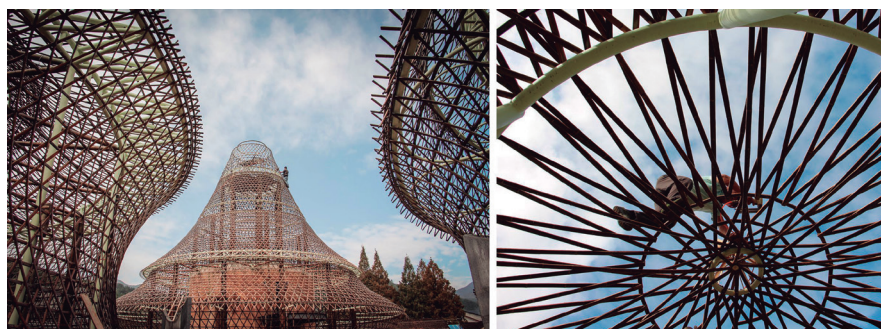
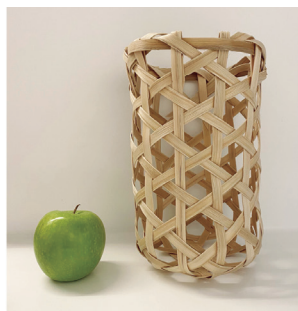
1. Discovery of the Corinthian order (VITRUVIUS, 2000. The ten books on architecture)
2. Basque farmhouse "Igartubeiti", 16th C.
3. Interweaving flat strips and wicker (HARVEY, V. (1986). The techniques of basketry)
4. Left: Scale 1/30 Fruit bowl, 2010, Shigeru Ban. Right: Own creation (author)
5. Three shelters in Baoxi, 2016, Anna Heringer

has experimented with different weaves in some of his projects, to the point of taking some of the concepts of traditional Japanese basketry to the limit (Fig. 4). Ban argues that the beauty of craftsmanship has been so thoroughly researched, and proven so many times over the centuries, that it can easily be transferred to a larger scale (Mineva, 2017). German architect, Anna Heringer, who has been noted in recent years for her sustainable architecture, has many examples of interwoven architectures, such as *shelters* enveloped with a surface of revolution made of interwoven bamboo, built in the traditional way by local artisans (Fig. 5).

Similarly, the atmosphere generated in the interior space of a basket, by the play of light and shadow filtering through the weave, is reflected in various architectural projects. In some of his buildings, Japanese architect, Shigeru Ban, captures the sensations and the play of light created in interwoven bamboo interiors. In the project for the cylindrical pavilion of the Daycare Center Hospital in Odate, he is inspired by a Japanese basket, "ajiro". While, in the enclosures of the Hermes Pavilion in Tokyo, he replicates the basketry technique on a larger scale. This atmosphere also seems to be present, in a more abstract way, in the recent project for the Plaza of Kanagawa Institute of Technology in Japan by the architect, Junya Ishigami, where the changing light filters through the gaps in the roof, and traces different interiors. An example closer to home, which seems to emulate the interior atmosphere of a basket, is the Pavilion in the pond, by RCR Arquitectes in Llagostera. Bamboo interweaving is the protagonist in the enclosures of FOA's *Carabanchel social housing*, and in Isabel Marant's shop in Bankog Cigüe, where the handmade panels offer a natural, changing, and warm interior atmosphere. Japanese architect, Kengo Kuma, has several examples where he



4



5



experiments with interwoven architectures and 3D modeling techniques. One example is the exterior sculpture of Bentota, whose idea is based on a geometric deformation carried out with a digital modeling program (Fig. 6). One of the most representative contemporary examples of interwoven architecture is the Spanish Pavilion for the 2010 World Expo of Shanghai, designed by the Catalan studio EMBT. The complex digitally designed shapes to cover the pavilion roof were made with interwoven wicker panels using artisanal basketry techniques (Fig. 7). EMBT has also experimented with wicker and the plaiting of natural materials. The studio proved to have great capacity for graphic expression in its architectures in the analogical era. The drawings of its complex geometries, represented two-dimensionally, taught how to understand the shape, the structure, and the construction techniques of the project without any 3D modeling software.

Representation and creation of these architectures

The representation of interwoven geometries of different basketry elements has been a source of inspiration for renowned painters. Oil paintings such as Caravaggio's "Basket of Fruit" or Van Gogh's "Basket with Six Oranges" are some examples of works depicting wickerwork. Even Picasso shows different ways of representing the interwoven volumes (Fig. 8).

When it comes to graphically representing the interwoven elements, it is important to highlight the difficulty involved in drawing not only the geometric shape of the element, but also the specific weft with which it is generated. An example taken to illustrate this is a basket made of Basque chestnut in cavalier projection. The drawing, in addition to representing the volume, shows in detail the real proportions of the weft creation at its base (Fig. 9). If the weft is complicated, as in the case of triaxial weave "anyam gila" or "mad wave", its representation becomes much more complex, and it is difficult to control the shapes that can be generated with the weave without digital software (Fig. 10). If we begin to analyze the graphic representation of interwoven architectural elements, it should be noted that singular architects have created architectures with

6. Khitul-ami, Bentota, 2020, Kengo Kuma
7. Collage fotográfico, planta e infografías de entretejidos, EMBT

perficie de revolución entretejida de bambú, construidos de forma tradicional por artesanos locales (Fig. 5).

Igualmente, la atmósfera que se genera en el espacio interior de un cesto, mediante el juego de luces y sombras que se filtran a través del tejido, se ve reflejado en diferentes proyectos de arquitectura. El arquitecto japonés Shigeru Ban recoge en algunos de sus edificios las sensaciones y los juegos de luces que se crean en los interiores de entretejidos de bambú. En el proyecto del pabellón cilíndrico del *Hospital Daycare center* en Odate, se inspira en un cesto japonés, "ajiro". Mientras que, en los cerramientos del Pabellón Hermes de Tokyo, replica la técnica de cestería a mayor escala. Esa atmósfera parece estar también presente, de una manera más abstracta, en el reciente proyecto de la plaza de *Kanagawa institute of technology* de Japón del arquitecto Junya Ishigami, donde la luz cambiante filtra a través de los huecos de la cubierta y dibuja diferentes interiores. Un ejemplo más cercano, que parece emular la atmósfera interior de un cesto, es el Pabellón en el estanque, de RCR arquitectes situado en Llagostera. El entretejido de bambú es protagonista en los cerramientos de los espacios semi-exteriores de *Las viviendas sociales de Carabanchel* de FOA y en la tienda de Isabel Marant de Bankog Cigüe; donde los paneles confeccionados a mano ofrecen un ambiente interior natural, cambiante y de una gran calidez. El arquitecto japonés Kengo Kuma, tiene varios ejemplos donde experimenta con arquitecturas entretejidas y técnicas de modelado 3D. Un ejemplo es la escultura exterior de Bentota, cuya idea parte de una deformación geométrica realizada con un programa de modelado digital (Fig. 6).

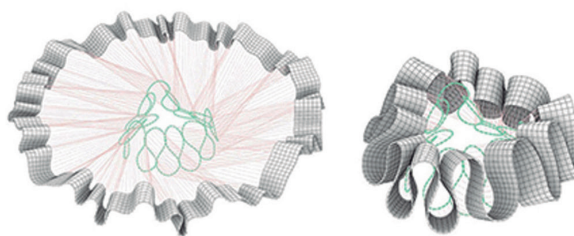
6. Khitul-ami, Bentota, 2020, Kengo Kuma
7. Photographic collage, ground plan and infographics of interweavings, EMBT

Uno de los ejemplos contemporáneos más representativos de arquitecturas entrelazadas es el Pabellón de España para la Expo mundial de Shanghai 2010, diseño del estudio catalán EMBT. Las formas complejas para la cubrición del pabellón, diseñadas digitalmente, se realizaron con paneles de mimbre entretejidos con técnica artesanales de cestería (Fig. 7). EMBT también ha investigado con el mimbre y con el trenzado de materiales naturales. El estudio demostró tener una gran capacidad de expresión gráfica de sus arquitecturas en la era analógica. Los dibujos de sus geometrías complejas, representadas bidimensionalmente, enseñaban la comprensión de la forma, la estructura y las técnicas constructivas del proyecto sin ningún software de modelado 3D.

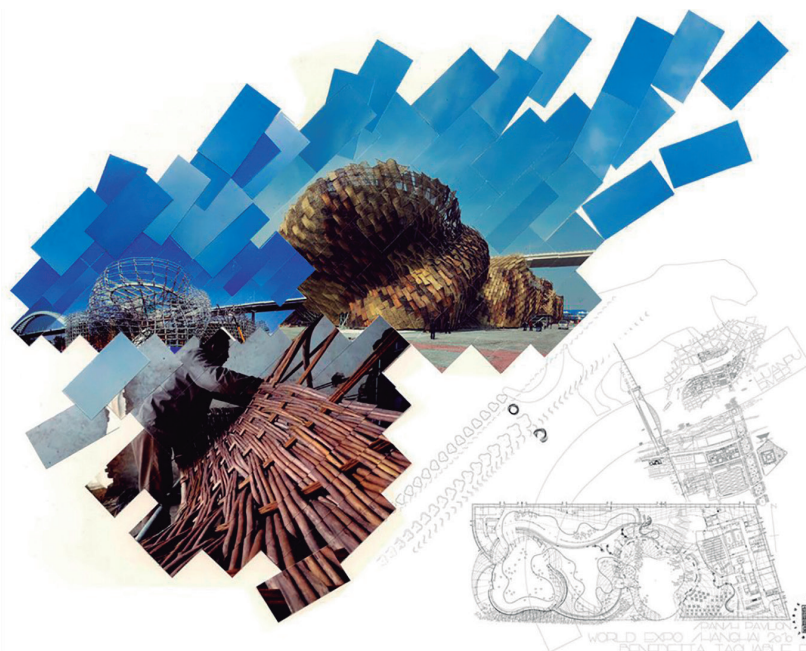
Representación y confección de estas arquitecturas

La representación de geometrías entrelazadas de diferentes elementos de cestería han sido fuente de inspiración de reconocidos pintores. Óleos como "La cesta de frutas" de Caravaggio o "Cesta con seis naranjas" de Van Gogh son algunos ejemplos de obras que representan tejidos de mimbre. Incluso Picasso muestra diferentes maneras de representar los volúmenes entretejidos (Fig. 8).

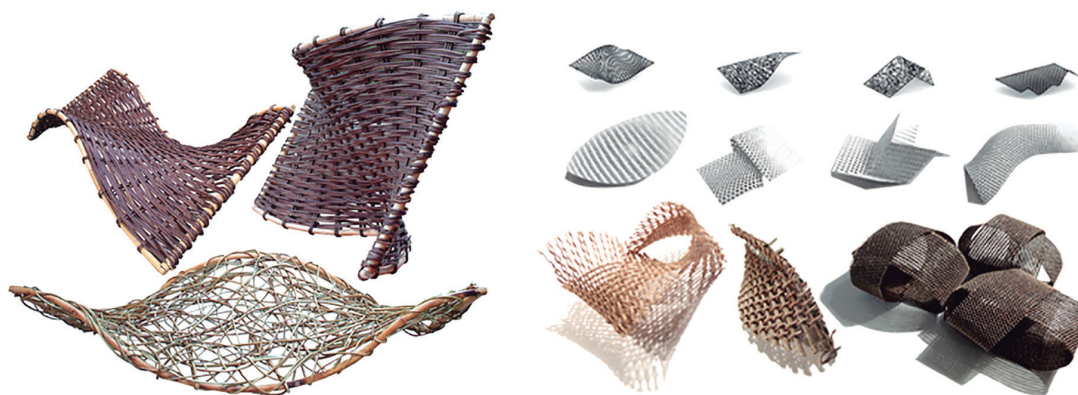
A la hora de representar gráficamente los elementos entretejidos, hay que destacar la dificultad que entraña dibujar además de la forma geométrica del elemento, la trama concreta con la que se genera. Se toma como ejemplo de ilustración un cesto de castaño vasco en perspectiva caballera. El dibujo, además de representar el volumen, muestra



6



7



con detalle las proporciones reales de la confección de la trama en su base (Fig. 9). Si la trama se complica, como es el caso del tejido triaxial “anyam gila” o “mad wave”, su representación se complejiza mucho más, y es difícil controlar las formas que se pueden generar con el tejido sin un software digital (Fig. 10).

Si comenzamos a analizar la representación gráfica de elementos arquitectónicos entretejidos, hay que destacar que arquitectos singulares han confeccionado arquitecturas con tramas entrelazadas, cuya representación es muy diversa. No es fácil encontrar dibujos a mano de procesos de confección

interwoven wefts, whose representation is very diverse. It is not easy to find hand drawings of the creation processes of this type of architecture represented in the pre-digital era, taking into account the difficulty that representing the wefts by hand in the geometric shape of designed elements entailed. If we start with small-scale examples such as chairs, we can see, for example, that Mies Van der Rohe and



8. Óleo “Bodegón con cesto, tres erizos de mar y una lámpara” 1946. Litografía “Naturaleza muerta con jarra de gres” 1947. Boceto “Estudio de trenzado de mimbre” 1906. (Museo Picasso)
 9. Cesto de castaño de 1915, STM Donostia
 10. Tejido triaxial “Mad weave” o *anyam gila* (Harvey, V. (1986). *The techniques of basketry*)
 11. Silla Lounge Chair, 1926-46, Ludwig Mies van der Rohe (Moma)

8. Oil painting, “Still Life with Basket, Three Sea Urchins and a Lamp” 1946. Lithograph “Dead Nature with Earthenware Jug” 1947. Sketch “Study of wickerwork” 1906. (Picasso Museum)
 9. Chestnut basket, 1915, STM Donostia
 10. Triaxial weave, “Mad weave” or *anyam gila* (HARVEY, V. (1986). *The techniques of basketry*)
 11. Lounge Chair, 1926-46, Ludwig Mies van der Rohe (MoMA)



8

Alvar Aalto represent and create elements with simple interweavings, while Gehry and Benedetta, influenced by new technologies, experiment with complex geometries. In the design sketches for “Lounge chair” (1937), Mies draws the shape and structure of the chair in great detail so that it can be made, but he does not go into the details of the cane weave with the same level of definition. That is to say, he does not link the shape with the interwoven weft (Fig. 11).

Frank Gehry’s creations are characterized by having no limits when it comes to devising shapes, as can be seen in the “Cross check” chair. The ideation drawings apparently show an interwoven element, but the specific type of weft for it to be made up is not depicted. Therefore, the result of the finished chair resembles a weave, but the manufacture has nothing to do with a weave made with artisan techniques (Fig. 12). The *Tina & Pepe* chair set, designed by Benedetta, is made using traditional basketry techniques. The conceptual sketches modeled in 3D have a formal complexity that presents an apparent wicker interweaving, without sufficient graphic reflection for the set to be manufactured. For this reason, the final result of the constructed chair had to simplify the shape of the sketches in order to integrate shape and weft (Fig. 13).

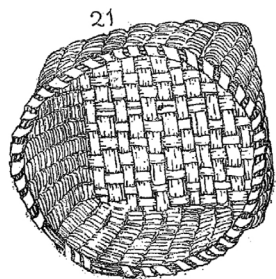
Architectural elements from basic geometries with simple interweaving techniques do not require advanced graphic representations. This is the case of the design sketches of contemporary interwoven furniture using chestnut strips. In the sketches, the basic

de este tipo de arquitecturas representadas en la era pre-digital, teniendo en cuenta la dificultad que conllevaba representar las tramas a mano en la forma geométrica de elementos diseñados. Si comenzamos con ejemplos de escala reducida como las sillas, podemos apreciar por ejemplo que Mies Van der Rohe y Alvar Aalto representan y crean elementos con entretejidos sencillos, mientras Gehry y Benedetta, influenciados por las nuevas tecnologías, experimentan con geometrías complejas. En los bocetos de diseño de “*Lounge chair*” (1937), Mies dibuja con abundantes detalles la forma y la estructura de la silla para que pueda ser confeccionada, pero no entra a detallar el entretejido de caña con el mismo nivel de definición. Es decir, no enlaza la forma con la trama entretejida (Fig. 11).

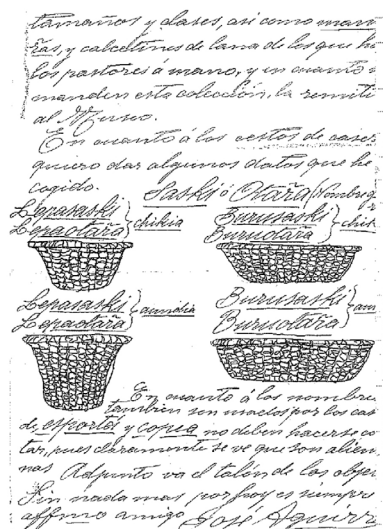
Las creaciones de Frank Gehry se caracterizan por no tener límites a la hora de idear formas, tal y como se aprecia en la silla “*Cross check*”. Los dibujos de ideación muestran aparentemente un elemento entretejido, pero no se representa el tipo de trama concreto para que se pueda confeccionar. Por tanto,

el resultado de la silla finalizada se asemeja a un entretejido, pero la fabricación nada tiene que ver con un entretejido realizado con técnicas de artesanía (Fig. 12). El conjunto de sillas *Tina & Pepe*, ideado por Benedetta, está confeccionado con técnicas de cestería tradicional. Los bocetos conceptuales modelados en 3D tienen una complejidad formal que presenta un aparente entretejido de mimbre, sin la reflexión gráfica suficiente para que el conjunto se pueda fabricar. Es por ello que, el resultado final de la silla construida ha tenido que simplificar la forma de los bocetos, para integrar forma y trama (Fig. 13).

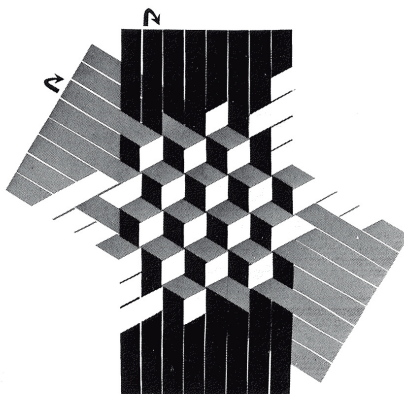
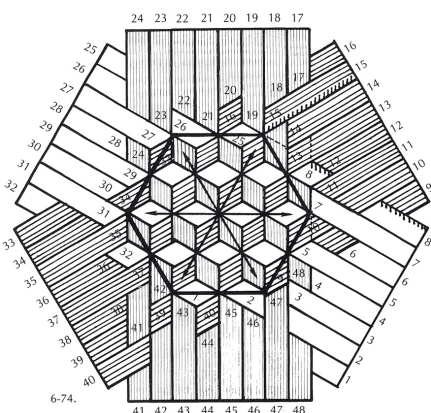
Los elementos arquitectónicos a partir de geometrías básicas con técnicas de entretejido sencillo no necesitan representaciones gráficas avanzadas. Es el caso de los croquis de diseño de mobiliario contemporáneo entretejido con tiras de castaño. En los bocetos se aprecian las formas geométricas básicas de los diseños y la trama de damero es controlable tanto para el diseñador, que los representa con facilidad, como para el artesano que lo confecciona (Fig. 14). Algo semejante ocurre, a una escala mayor, con el



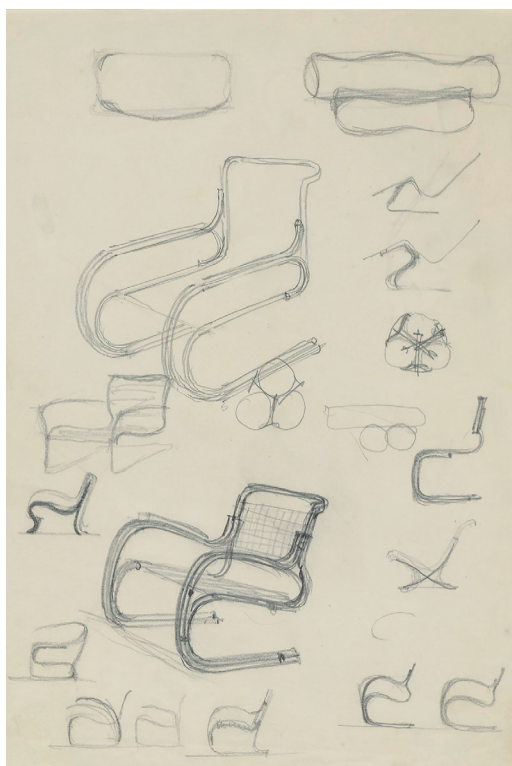
Eusko-filkin-degi Fabrica de caserío		OKASKUNPIZA Sociedad	N.º Inveniente 2254	N.º Patente 21
Lugar caserío Iruarte	Provincia Guipuzcoa	Fecha adjudicación 19 de febrero 1911		
País Arama	Dirección carra n.º	Adjudicada en Compa		
Nombre objeto Ikatzneurri	Nombre patente			
Medida para carbón				



9



10



11

geometric shapes of the designs are visible, and the checkerboard pattern is controllable both for the designer, who represents them with ease, and for the artisan who makes them (Fig. 14). Something similar occurs, on a larger scale, with the sketch of the construction detail of the interwoven wooden facade of Shigeru Ban's Aspen Museum. The shape and framework are simple, and can therefore be drawn in detail, even with 3D drawings from the first sketches (Fig. 15). Frank Gehry was one of the first architects to begin to control the complex shapes of his designs through 3D modeling software. The Guggenheim Museum project in Bilbao was the most significant example (León & Pérez, 2018). It is obvious that the digital era has had its influence on architectural graphic expression, and this is reflected in the representation of larger scale interwoven architectures. Within this framework, ideation sketches were created with the knowledge that they would be supported by a digital model to resolve the more complex technical aspects. An example are the drawings of the metal structure of Toyo Ito's Sendai Mediatheque. The ideation begins with sketches of the building section, showing the importance of the structural elements represented with diagonal weft, but the final graphic definition of the structures composed of cores, similar to stacked baskets, is culminated with digital techniques (Fig. 16). Continuing with examples of representations of interwoven architectures, a remarkable project is the Jean-Marie Tjibaou Cultural Center where Renzo Piano presents hand-drawn drawings with very precise definition. The plans represented with traditional 2D drawing techniques, both in conical and dihedral perspective, show the built volumes with complex geometric shapes, including a detailed wooden structural framework, reminiscent of oversized basketry elements (Fig. 17). Basketry has undoubtedly inspired renowned architects such as Shigeru Ban. For the structure of the roof of the Pompidou Center, the architect used a traditional Chinese bamboo hat made with a hexagonal weft, known as Kagome, as a reference. This is a triaxial weft that is not simple, which also permits generating conical spatial shapes that are difficult to master with pre-digital representation techniques. An example of this is the sketch of the section of the

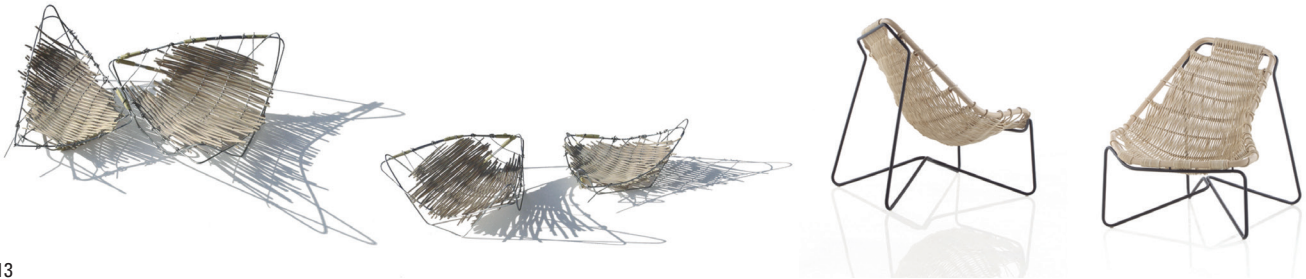


12. Cross check chair 1989, Frank Gehry (Knoll)
 13. Sillón Tina & Pepe, 2013, EMBT (Expormin)
 14. Colección "Zumitz" 2016, Irazoki/Lizaso

12. Cross check chair 1989, Frank Gehry (Knoll)
 13. Tina & Pepe chair, 2013, EMBT (Expormin)
 14. "Zumitz" Collection 2016, Irazoki/Lizaso



12



13



14

building where Ban does not draw the triaxial weft of the roof, whereas it appears perfectly defined in the 3D modeling (Fig. 18). Three-dimensional modeling programs are necessary to master the process of creating complex interwoven surfaces with this type of weft, both for the ideation models, and for the final construction (González, 2016). Ban's experimentation process with models created with traditional Japanese basketry techniques can be considered an innovation, as it is a new 3D shape that helps in the process of representation and creation of interwoven architectures (Fig. 19). To realize these models, it is necessary to sketch a shape, define a weft, and effectively interlace them. If the shape or weft is complex, support by a 3D modeling program will be needed to control this symbiosis.

Setbacks arose during the development of the model, when it came to creating the shape through the devised weft. Solutions were imagined by means of sketches, then

croquis del detalle constructivo de la fachada de madera entretejida de Aspen Museum de Shigeru Ban. La forma y el entramado son sencillos y por tanto se pueden dibujar en detalle, incluso con croquis en 3D desde los primeros bocetos (Fig. 15).

Frank Gehry fue uno de los primeros arquitectos que comenzó a controlar las formas complejas de sus diseños a través de softwares de modelado 3D siendo el proyecto del Museo Guggenheim de Bilbao el ejemplo más significativo (León & Pérez, 2018). Es evidente que la era digital ha tenido su influencia en la expresión gráfica arquitectónica y esto se ve reflejado en la representación de arquitecturas entrelazadas de mayor escala. Dentro de este marco, se encuentran los

croquis de ideación que se crean a sabiendas que van a contar con el apoyo de un modelo digital que resuelva los aspectos técnicos más complejos. Un ejemplo son los dibujos de la estructura metálica de la Mediateca de Sendai de Toyo Ito. La ideación comienza con bocetos de la sección del edificio mostrando la importancia de los elementos estructurales representados con trama diagonal, pero la definición gráfica final de las estructuras compuesta por núcleos, semejantes a cestos apilados, se culmina con técnicas digitales (Fig. 16).

Siguiendo con ejemplos de representaciones de arquitecturas entrelazadas, un proyecto destacable es el Centro cultural Jean-Marie Tjibaou donde Renzo Piano presenta dibu-

15. Aspen Museum de Colorado, 2014. Shigeru Ban. Inferior dcha: Confección propia (autora)

15. Aspen Museum of Colorado, 2014. Shigeru Ban. Lower right: Own creation (author)

jos realizados a mano que llegan a una definición muy precisa. Los planos representados con técnicas tradicionales de dibujo 2D, tanto en perspectiva cónica como en diédrico, muestran los volúmenes edificados con formas geométricas complejas, incluyendo un entramado estructural de madera a todo detalle, que recuerda a elementos de cestería sobredimensionados (Fig.17).

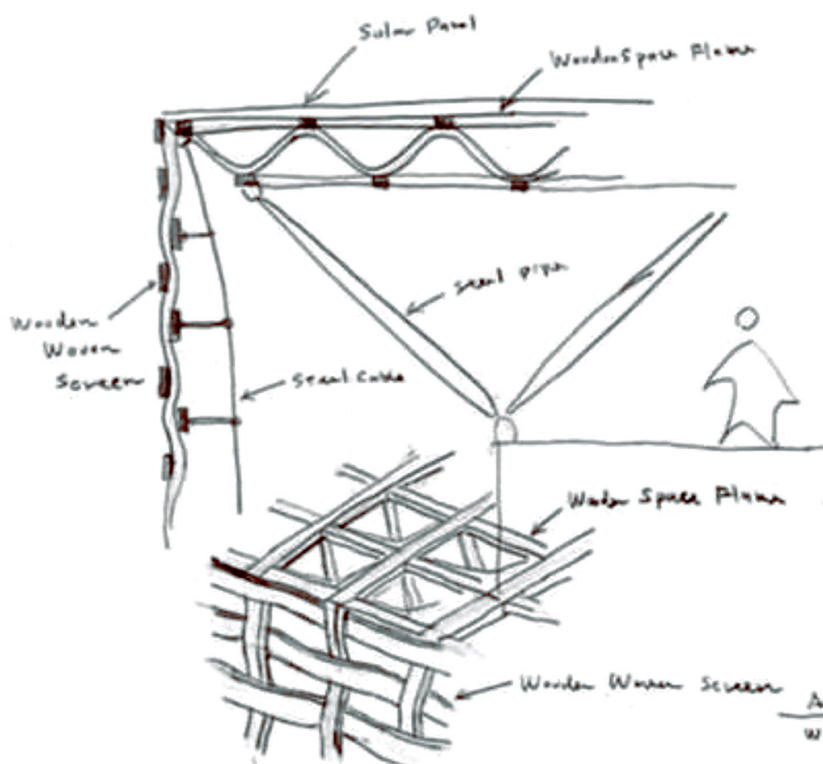
No cabe duda, que la cestería ha servido de inspiración a arquitectos de renombre como Shigeru Ban. Para la estructura de la cubierta del Centro Pompidou el arquitec-

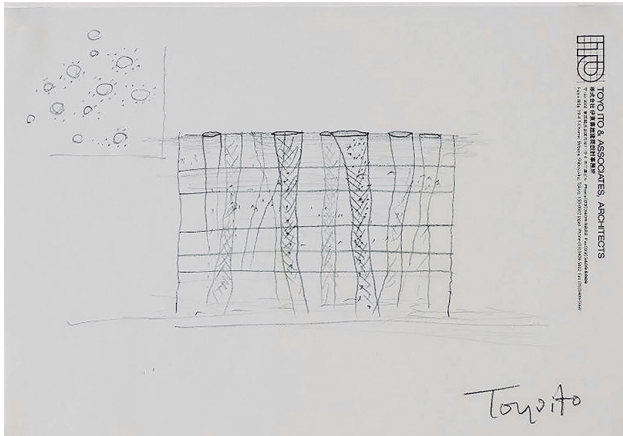
to toma de referencia un sombrero tradicional chino de bambú confeccionado con una trama hexagonal que se denomina kagome. Se trata de una trama triaxial que no es sencilla y que además permite generar formas espaciales cónicas difíciles de dominarlas con técnicas de representación pre-digitales. Muestra de ello, es el croquis de la sección del edificio donde Ban no dibuja la trama triaxial de la cubierta, mientras aparece perfectamente definida en el modelado 3D (Fig. 18). Los programas de modelado tridimensional son necesarios para dominar

returning return to use 3D modeling as a support. It was a bidirectional flow where different types of representation intervened, but all of which provided different aspects that would enrich the development of the architectural element. Taking these creations, using the model as a reference, a new teaching experience in geometry, based on interwoven architectures, was proposed.

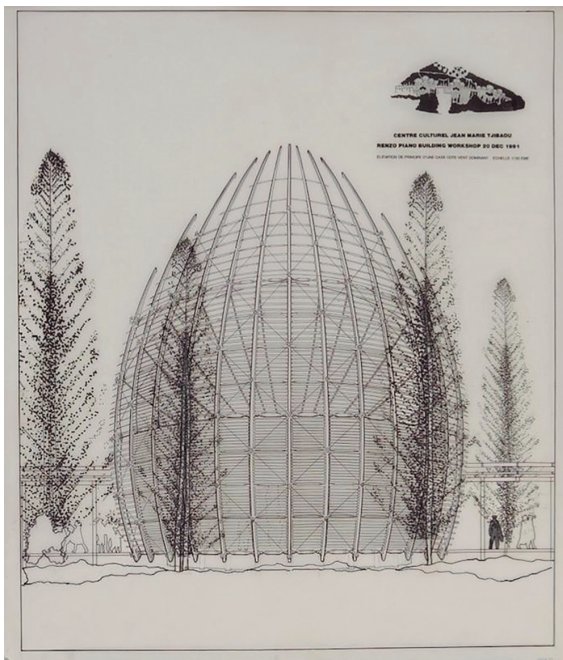
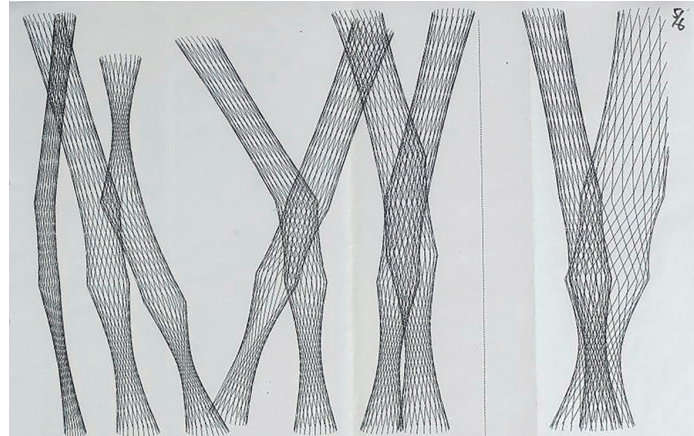
Teaching innovation in geometry

Students gain a broad knowledge of geometry throughout their studies. At the beginning, they develop simple shapes, and in the final years, complex shapes. Working with interweaving in the geometry subject offers students the ability

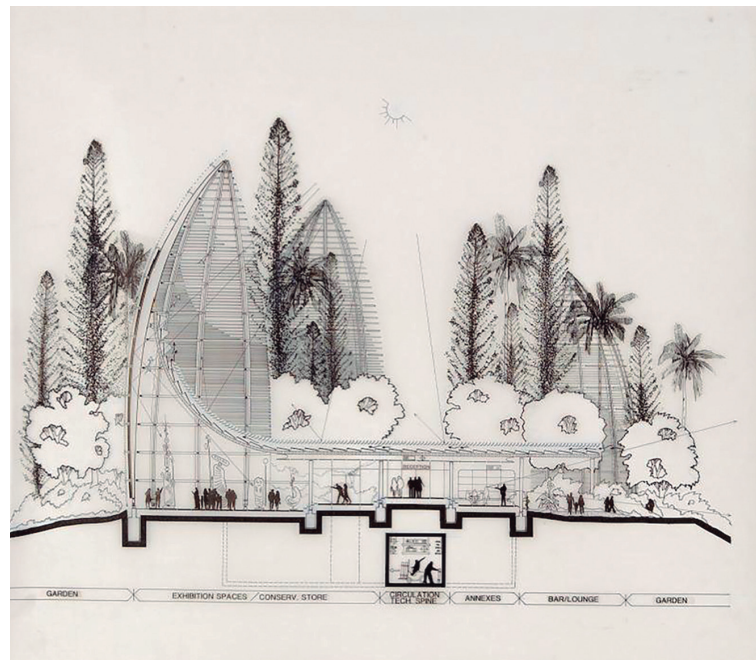




16



17



to devise and create volumes while controlling the whole process, from the development, through sketches, to their materialization in digital models, and finally their creation in hand-woven working models. The teaching begins with the knowledge of traditional representation techniques, such as the dihedral, and axonometric and conical perspectives. Practical sessions are carried out by hand on dinA3 so that the students begin to see a relationship between the exercise proposed with drawings and modeled in the Rhinoceros software application by the teachers, and their manual development. Later on, modeling practical sessions with the software are proposed, so that everything learnt serves as a basis for starting the 3D creation, and carrying out this first reflection process (Fig.20). Once the modeling has ended, the next step is to create the working model by hand, in such a

el proceso de confección de superficies complejas entretejidas con este tipo trama, tanto para las maquetas de ideación como para la construcción final (González, 2016). El proceso de experimentación de Ban por medio de maquetas confeccionadas con técnicas tradicionales de cestería japonesa, puede considerarse una innovación por ser una nueva forma en 3D que ayuda en el proceso de representación y confección de arquitecturas entretejidas (Fig. 19). Para materializar estas maquetas, hace falta esbozar una forma, definir una trama, y enlazarlas de manera efectiva. Si la forma o la trama es compleja, se necesitará un apoyo mediante un

programa de modelado 3D para controlar dicha simbiosis.

En el desarrollo de la maqueta surgen contratiempos al confeccionar la forma a través de la trama ideada. Se pasa a imaginar soluciones por medio del croquis, para volver a apoyarse en el modelado 3D. Se trata de un flujo bidireccional donde intervienen diferentes tipos de representación, pero todas aportan aspectos diferentes que enriquecen el desarrollo del elemento arquitectónico. Tomando como referencia estas confecciones a través de la maqueta, se ha planteado una nueva experiencia docente en geometría basada en arquitecturas entretejidas.



- 16. Boceto y diagrama estructural Mediateca de Sendai, 2000; Toyo Ito
- 17. Centro cultural Jean-Marie Tjibaou, Nouméa, 1991, Renzo Piano
- 18. Centre Pompidou Metz, 2010, Shigeru Ban. Upper right: Confección propia (autora)

- 16. Sketch and structural diagram; Sendai Mediatheque, 2000; Toyo Ito
- 17. Jean-Marie Tjibaou Cultural Center, Nouméa, 1991, Renzo Piano
- 18. Pompidou Center, Metz, 2010, Shigeru Ban. Upper right: Own creation (author)

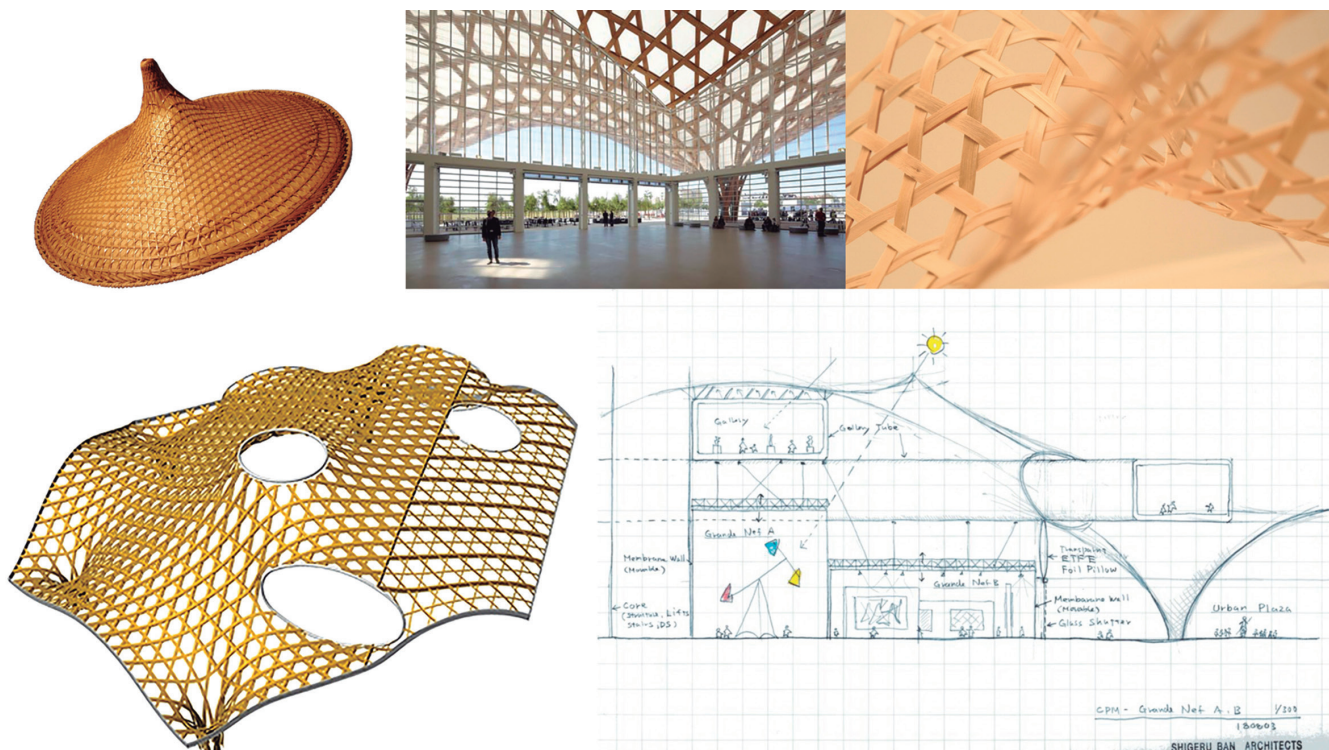
Innovación docente en geometría

El alumnado obtiene un amplio conocimiento de la geometría a lo largo de la carrera. Al comienzo, desarrolla las formas sencillas, y en los últimos cursos las formas complejas. Trabajar con entretrejos en la asignatura de geometría ofrece al alumnado una capacidad de idear y de confeccionar volúmenes controlando todo el proceso, desde el desarrollo a través del croquis, a su materialización en modelos digitales y su confección en maquetas de trabajo tejidas a mano.

La enseñanza comienza con el conocimiento de las técnicas tradicionales de representación, como son el diédrico y las perspectivas axonométricas y cónicas. Se realizan prácticas en dinA3 a mano para que el alumnado comience a ver una relación entre el ejercicio

planteado con dibujos modelados en Rhinoceros por el profesorado y su desarrollo manual. Más adelante, se plantean prácticas de modelado con el software, de manera que todo lo aprendido sirve de base para comenzar con la creación 3D y realizar ese primer proceso de reflexión (Fig. 20). Una vez acabado el modelado, se pasa a la confección de la maqueta de trabajo a mano, de manera que se ponen en cuestión los modelos de Rhinoceros, porque en la confección se detectan problemas o detalles no previstos que se podrán solucionar volviendo al modelo y viceversa. Se trabajan ejercicios individuales donde el alumnado aplica el proceso completo a una serie de formas básicas. Y en trabajos grupales se abarcan ejercicios más ambiciosos, de geometrías más complejas y de mayor escala (Fig. 21). Los ejercicios finalizan con la

way that the Rhinoceros models are called into question, because during the creation process, problems or unforeseen details are detected that can be solved by going back to the model and vice versa. Individual exercises are carried out where students apply the whole process to a series of basic shapes. And in group work, more ambitious exercises are covered, with more complex geometries and larger scales (Fig. 21). The exercises end with the 2D representation of the plans showing the working process of the exercise. Geometric shapes based on basketry are made by hand, so that students are obliged to create their designs, with the satisfaction that this entails once they have constructed it (Fig. 22). Moreover, knowledge of one craft helps to get a grasp of the nuances of others. and to respect the artisan (Pallasmaa, 2012), so new skills are acquired that are essential to be able to direct the creation of new architectures. The control of geometric shapes is fundamental to evolve and “scientifically” control the traditional basketry techniques, and therefore the representation and creation of interwoven architectures. Working with new patterns allows students to face new challenges and acquire new skills by learning





19

traditional techniques and applying them to new learning. The geometries generated through basketry, fundamentally serve to be able to take drawing to new dimensions. ■

References

- ÁLVARO, A., GALVÁN, N., ALONSO, M. (2016) Hacia una nueva geometría descriptiva. Un Proyecto de Innovación Docente para la carrera de Arquitectura. XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Alcalá de Henares (Madrid).
- CISNEROS, J. and CABEZOS, P. (2016) La enseñanza de la Geometría Descriptiva en la era digital. XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Alcalá de Henares (Madrid).
- PALLASMAA, J., 2020. Animales arquitectos. Gustavo Gili, Barcelona.
- CAMPO BAEZA, A., 2009. De la cueva a la cabaña. Pensar con las manos. Nobuko.
- PALLASMAA, J., 2012. La mano que piensa. Gustavo Gili, Barcelona.
- TELLERÍA, I., GONZÁLEZ, N., SUSPERREGI, J. (2020) La teoría de E. Mössel en la base del trazado que regula un modelo de caserío guipuzcoano del siglo xv. Parte I. Revista EGA, [S.l.], v. 25, n. 38, p. 90-101.
- GONZÁLEZ, P. (2016) Adaptación de superficies de doble curvatura mediante superficies desarrollables. Revista EGA, [S.l.], v. 21, n. 27, p. 210-219.
- LEÓN, I. and PÉREZ, J. (2018) Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. Revista EGA, [S.l.], v. 23, n. 32, p. 76-87, mar. 2018.
- MIREVA, V. (2017). Shigeru Ban's architecture in the context of traditional craft techniques.

Acknowledgements

To Antonio Sánchez Parandiet, teacher with whom I share teaching experience.

representación 2D de los planos que muestren el proceso de trabajo del ejercicio.

Las formas geométricas basadas en la cestería, se elaboran a mano, de modo que obliga al alumnado a confeccionar sus diseños, con la satisfacción que conlleva una vez lo construye (Fig. 22). Además, conocer un oficio ayuda a captar matices de otros y a respetar al artesano (Pallasmaa, 2012), por lo que se adquieren nuevas competencias esenciales para poder dirigir la confección de nuevas arquitecturas. El control de las formas geométricas es fundamental para evolucionar y controlar “científicamente” las técnicas tradicionales de cestería, y por tanto la representación y confección de las arquitecturas entretejidas. Trabajar nuevos patrones, permite al alumnado enfrentarse a nuevos retos y adquirir nuevas habilidades aprendiendo técnicas tradicionales y aplicándolas a nuevos aprendizajes. Las geometrías generadas por medio de la cestería, fundamentalmente sirven para poder llevar el dibujo a nuevas dimensiones. ■

19. Frei Otto Laboratory, Germany, 2004, Shigeru Ban
20. Formas geométricas vinculadas a la cestería analizadas para su desarrollo en la asignatura.

21. Proceso gráfico y confección de un icosaedro entretejido con tira de castaño y trama kagome, mediante conos de sector 300°. (Ejercicio propuesto en clase)

22. Proceso gráfico y confección de un cono de sector 180°, entretejido con tira de castaño y trama kagome. (Ensayo previo. Autora)

19. Frei Otto Laboratory, Germany, 2004, Shigeru Ban
20. Geometric shapes linked to basketry, analyzed to be developed in the subject.

21. Graphic process and creation of an interwoven icosahedron with chestnut strip and Kagome weft, by means of 300° sector cones. (Exercise proposed in the classroom)

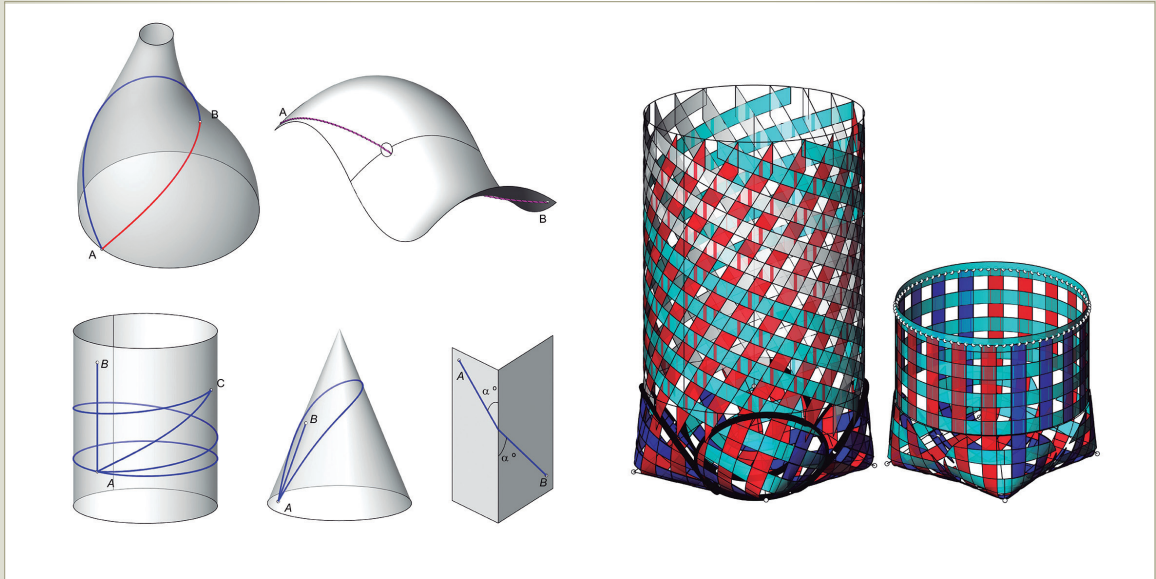
22. Graphic process and creation of a 180° sector cone, interwoven with chestnut strip and Kagome weft. (Preliminary test. Author)

Referencias

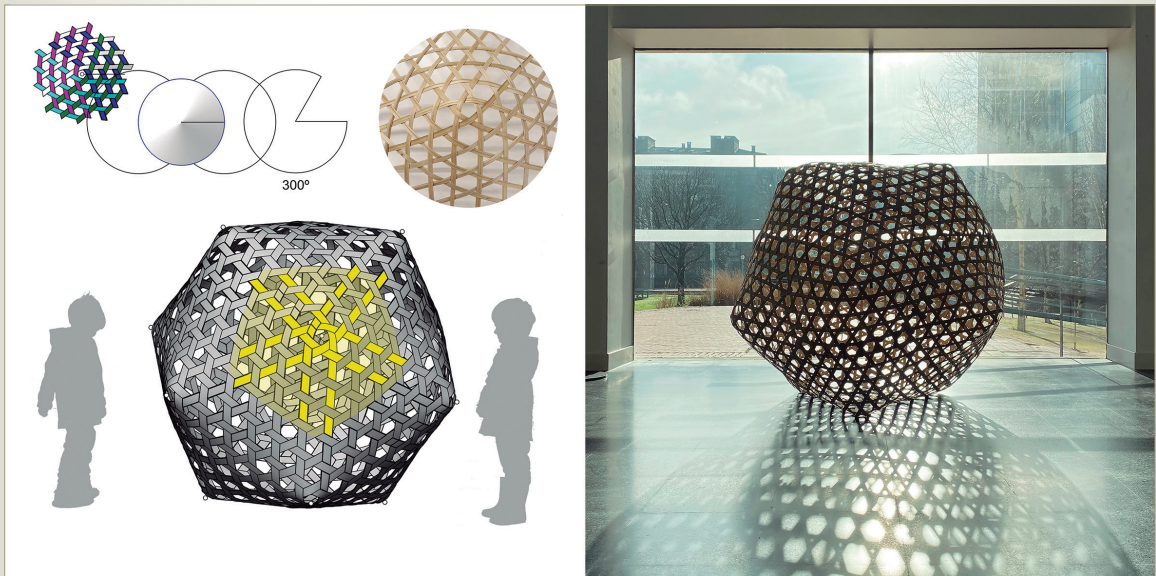
- ÁLVARO, A., GALVÁN, N., ALONSO, M. (2016) Hacia una nueva geometría descriptiva. Un Proyecto de Innovación Docente para la carrera de Arquitectura. XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Alcalá de Henares (Madrid).
- CISNEROS, J. y CABEZOS, P. (2016) La enseñanza de la Geometría Descriptiva en la era digital. XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Alcalá de Henares (Madrid).
- PALLASMAA, J., 2020. Animales arquitectos. Gustavo Gili, Barcelona.
- CAMPO BAEZA, A., 2009. De la cueva a la cabaña. Pensar con las manos. Nobuko.
- PALLASMAA, J., 2012. La mano que piensa. Gustavo Gili, Barcelona.
- TELLERÍA, I., GONZÁLEZ, N., SUSPERREGI, J. (2020) La teoría de E. Mössel en la base del trazado que regula un modelo de caserío guipuzcoano del siglo xv. Parte I. Revista EGA, [S.l.], v. 25, n. 38, p. 90-101.
- GONZÁLEZ, P. (2016) Adaptación de superficies de doble curvatura mediante superficies desarrollables. Revista EGA, [S.l.], v. 21, n. 27, p. 210-219.
- LEÓN, I. y PÉREZ, J. (2018) Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. Revista EGA, [S.l.], v. 23, n. 32, p. 76-87, mar. 2018.
- MIREVA, V. (2017). Shigeru Ban's architecture in the context of traditional craft techniques.

Agradecimientos

A Antonio Sánchez Parandiet, profesor con quien comparto la experiencia docente.



20



21



22