

PREPRINT

Martín-Pastor, Andrés; González-Quintial, Francisco. Cactus Pavilion. Arquitectura experimental con superficies desarrollables plegadas. Cactus Pavilion. Experimental architecture with folded developable surfaces. In: Llorens-Corraliza S., Rincón-Millán M., Martín-Pastor A, (eds.) *Avances en Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*, Tirant lo Blanch Humanidades, 2019, pp. 621-634. ISBN: 978-84-17973-12-4. Dep Legal: V-2661-2019

CACTUS PAVILION. ARQUITECTURA EXPERIMENTAL CON SUPERFICIES DESARROLLABLES PLEGADAS

CACTUS PAVILION. EXPERIMENTAL ARCHITECTURE WITH FOLDED DEVELOPABLE SURFACES

Andrés Martín-Pastor. Universidad de Sevilla

Francisco González-Quintial. Universidad del País Vasco



Fig. 1: Cactus Pavilion. Fuente: Propia o autor.

ARQUITECTURA EFÍMERA PARA UN PROYECTO DE SALVAMENTO

CACTUS PAVILION es un pabellón madera diseñado como centro de interpretación itinerante del *Proyecto de Salvamento del Patrimonio Arquitectónico y Natural de Santiago de Anaya*, Valle del Mezquital, México. El pabellón (Fig.1) ha sido concebido y diseñado en el Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla, en colaboración con Fablab Donostia de la Universidad del País Vasco.

El *Proyecto de Salvamento* tiene como objetivo la rehabilitación arquitectónica y ambiental de esta zona de México, poniendo en relieve los valores patrimoniales, ambientales e inmateriales del lugar. Una parte del proyecto se centra en el estudio y rehabilitación de un conjunto de capillas agustinas abandonadas y semidestruídas a lo largo de la provincia de Hidalgo. La propuesta consiste en vincular estas capillas a una red de itinerarios eco-culturales dentro de un complejo programa de rehabilitación patrimonial. Se trata

de un proyecto multidisciplinar liderado por el Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural de la UNAM, y su directora Rocío López de Juambéz, que cuenta con el apoyo de la UNESCO.

Como primera meta se propone dar a conocer el *Proyecto de Salvamento* a las diferentes comunidades de la zona. Para ello se plantea la creación de un pabellón itinerante que funcione como centro de interpretación y como herramienta de difusión del proyecto en toda su área de influencia.

La propuesta arquitectónica debía satisfacer múltiples aspectos: Desde el punto de vista del diseño, la forma debía expresar fuertemente los valores del proyecto y su vinculación con el paisaje y el medio ambiente. El pabellón debía mantener un gran compromiso con el medio ambiente y promover los valores del proyecto, usando para ello materiales naturales y un modelo sostenible de fabricación. Desde el punto de vista constructivo, la instalación debía ser ligera y fácilmente montable y desmontable. Así mismo, los

procesos constructivos y de ensamblaje debían ser inocuos respecto al entorno, no dejando huellas ni residuos en los enclaves naturales de la ubicación. El pabellón, como espacio expositivo, debía también satisfacer los condicionantes arquitectónicos de uso, estabilidad, protección frente a la lluvia, etc. Así mismo, en términos económicos, el coste total debía mantenerse dentro de un programa de bajo coste.

Con todos estos condicionantes de partida se ha propuesto una arquitectura efímera biomimética en forma de cactus hueco de madera, realizada con tiras desarrollables formada por paneles de 3mm de espesor. Al igual que en otras experiencias anteriores, el pabellón se ha diseñado con herramientas CAD-CAM y se ha fabricado digitalmente mediante una fresadora de control numérico CNC de tres ejes.

Con esta experiencia exploramos el uso de arquitectura ligera low-cost y high-tech en escenarios patrimoniales, aprovechando la versatilidad de las superficies desarrollables para su uso en arquitectura efímera.



Fig. 2: Cactus Pavilion en el enclave de la Capilla Tshuni. Fuente: autor.

Concebir el diseño arquitectónico y constructivo en clave biomimética ha sido una prioridad en el proyecto. El Cactus Pavilion se relaciona miméticamente con el entorno natural, a la vez que plantea distintos interrogantes al espectador desde las diferentes escalas de aproximación, buscando el acercamiento y la interacción. El desafío consiste en que el pabellón—como objeto arquitectónico—logre explicar los valores del proyecto por sí mismo y sea capaz de atraer y congregar a los habitantes del lugar.

En esta primera fase del proyecto, se han elegido siete lugares estratégicos donde ubicar temporalmente el pabellón. Estas ubicaciones responden a criterios de proximidad respecto a las principales capillas agustinas y sus enclaves ambientales más significativos. Estas ubicaciones son las capillas *Tshuni*, *Sanchez*, *Sutñ'u*, *Ntax'da*, *El Neo* y *N'Dedó*, y la barranca cercana al futuro jardín botánico *Däx'yo Ngui* (muchos nombres están escritos en lengua otomí que es el dialecto oriundo de este territorio). El pabellón actualmente se encuentra en uso en la primera de las ubicaciones (Fig.2)

EXPERIENCIA PREVIA EN FABRICACIÓN DIGITAL Y ARQUITECTURA LIGERA

El empleo de las superficies desarrollables en arquitectura efímera se justifica por su capacidad de cortarse y mecanizarse mediante una simple fresadora de control numérico CNC de 3 ejes. Estas superficies pueden materializarse de forma continua con finas capas de material, como la madera. La principal propiedad de las desarrollables en madera consiste en que permite pasar de la forma plana a la espacial mediante el curvado en frío. Esto es una propiedad óptima que permite generar objetos tridimensionales mediante corte plano y tecnología CAD-CAM.



Fig. 3: SSFS Pavilion. Fuente: autor.

Realizaremos, a modo de repaso, un recorrido por experiencias anteriores sobre el diseño y montaje de pabellones efímeros en el contexto iberoamericano. Estos antecedentes nos han servido de aprendizaje y laboratorio de pruebas para la solución geométrica y constructiva desarrollada en el Cactus Pavilion.

El estudio de las superficies desarrollables de igual pendiente, fue abordado con el 'SSFS Pavilion - Sante Fe', en la Maestría en Arquitectura, Módulo de Proyección y Construcción Digital, de la FADU, Universidad del Litoral, Argentina (1). Una adaptación mejorada y completa del mismo diseño fue producida con el pabellón 'SSFS Pavilion-Fablab Sevilla' (Fig.3), construido en una Plaza Nueva de Sevilla para el evento 'La noche Europea de los Investigadores'.



Fig. 4: Butterfly Gallery. Fuente: autor.

Las superficies helicoidales desarrollables de hélice cilíndrica fueron objeto de exploración formal con el 'Butterfly Gallery—Helicoidal Surfaces' (Fig.4) en la Universidade Federal do Rio de Janeiro, en el contexto académico del Programa de Pós-graduação em Arquitetura, FAU (2).

Este mismo tipo de superficies helicoidales fue también el argumento geométrico de la instalación biomimética titulada 'Molusco Pavilion' (Fig.5), inspirado en la forma del *Bolinus Brandaris*,



Fig. 5: Molusco Pavilion. Fuente: autor.

realizado en la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, con la colaboración de Fablab Unal Medellín. A partir de estas especulaciones, las propiedades expansibles de estas superficies helicoidales fueron desarrolladas en profundidad (3).

Con el Pabellón Bio-Duna, desarrollado en la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño de la Universidad del Bío-Bío, en el Programa de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo y Magister en Construcción en Madera, se explora la superficie teórica de igual pendiente que conforma una duna (4), que también comparte la propiedad de ser desarrollable. (Fig.6)



Fig. 6: Pabellón Bio-Duna. Fuente: autor.

En la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar, Montevideo, la instalación 'Dieste-Pavilion' (Fig.7) propuso una experimentación con superficies convolutas. En dicho pabellón se explora la superficie resultante de enlazar tangencialmente varias convolutas desarrollables entre sí.



Fig. 7: Dieste Pavilion. Fuente: autor.

El modelo desarrollado permite simplificar la morfología del pabellón a tres únicas pieles de madera de 3mm de espesor que funcionan como un pórtico de gran inercia. El estudio geométrico sobre las convolutas, y su forma de parametrizarse, merecen un estudio específico (5), (6), (7).



Fig. 8: Globoide Pavilion. Fuente: autor.

En otra experiencia se ha estudiado los límites y los condicionantes geométricos de las convolutas desde su naturaleza desarrollable hasta su condición no-desarrollable. En el 'Globoide Pavilion' (Fig.8) desarrollado en la ETSIE de la Universidad de Sevilla con la colaboración de Universidad del País Vasco, se propone una discretización de un globoide, una superficie de doble curvatura en base a tiras no-desarrollables entrelazadas.

FABRICACIÓN DIGITAL Y PATRIMONIO

Llevar todo este conocimiento sobre superficies geométricas al campo de la fabricación digital tiene enormes ventajas constructivas. Hemos planteado con anterioridad cómo estas instalaciones ligeras podrían ser apropiadas para su uso en espacios de gestión ciudadana (8). Con el Cactus Pavilion, se propone llevar este tipo de solución arquitectónica basada en tecnología CAD-CAM al ámbito del patrimonio,

abriéndose un campo de grandes posibilidades proyectuales.

El Cactus Pavilion se concibe como un centro de interpretación itinerante y como una herramienta de difusión de las acciones de transformación y consolidación del *Proyecto de Salvamento* que van a desarrollarse en el municipio de Santiago de Anaya. Se trata de una instalación efímera, con una vida útil de doce meses que se ubicará en las proximidades de seis capillas elegidas, concluyendo su recorrido itinerante junto al futuro jardín Botánico. El pabellón dejará su función expositiva una vez el Proyecto esté suficientemente consolidado, pasando a formar parte de las comunidades del lugar.



Fig. 9: Cactus Pavilion desde Capilla Tshuni. Fuente: autor.

En la primera ubicación, en las proximidades de la capilla *Tsuni*, se ha creado un itinerario paisajístico a través de la vegetación autóctona del lugar (Fig.9). Se pretende relacionar, a través de un recorrido integrador, la flora endémica, la instalación expositiva del pabellón y la visita a los restos de la capilla.

El interior del pabellón se propone un espacio expositivo donde se muestran las cuatro acciones más importantes del Proyecto. Dos aperturas permiten el acceso al interior del pabellón y su eje expositivo, que se articula en torno a una serie de paneles explicativos

colocados en la superficie interior del cactus.

La fina capa de madera del pabellón se comporta como un difusor de la luz exterior, que absorbe el exceso de radiación solar y permite adaptar el espacio interior a unas condiciones precisas de iluminación (Fig.10)



Fig. 10: Cactus-Pavilion, espacio expositivo.
Fuente: Propia o autor.

Las acciones más importantes del proyecto están expuestas en cuatro grupos de paneles: la rehabilitación de las capillas agustinas; la creación de los corredores eco-culturales; la construcción de un centro de visitantes y la creación del jardín botánico *Dăx'yo Ngui*.

La colección de capillas Agustinas del siglo XVII y XVIII, representa un patrimonio único y desconocido en todo el estado de Hidalgo. Su descubrimiento y estudio se debe a la profesora Rocío López de Juambelz, promotora del *Proyecto de Salvamento*. Las capillas se encuentran en estado avanzado de deterioro y necesitan urgentes trabajos de conservación. Se ha realizado una primera aproximación geométrica al estado actual a través de levantamientos arquitectónicos de precisión realizado con escáner láser. También está previsto analizar —a través de ensayos físicos y químicos— la fábrica de piedra de los muros de las capillas, vinculada a las características geológicas del lugar.

La propuesta expositiva contempla el estudio pormenorizado de cada capilla de forma secuencial. El Cactus Pavilion se colocará temporalmente en las cercanías de cada capilla y funcionará como centro de interpretación de las labores de rehabilitación de dicha capilla. Una vez concluido, se desmonta el pabellón y se colocará en la siguiente capilla, siguiendo un recorrido itinerante.

La capilla *Tsuni* supone la primera ubicación temporal del recorrido del pabellón. Se observa que dicha capilla presenta una tipología de bóveda de cañón apoyada en muro con contrafuertes. Las patologías más importantes observadas son la presencia de vegetación en la bóveda, la pérdida o desintegración de sillares y revestimientos originales y la presencia de grietas en los muros y la bóveda. El Proyecto comprende la rehabilitación completa de la capilla una vez se completen los estudios patológicos.

La propuesta de corredores eco-culturales tiene como objetivo proporcionar una coexistencia adecuada entre la naturaleza y la actividad del hombre, identificando los ecosistemas naturales de la región y propiciando la renovación de aquellos en se encuentran en vías de desaparición. Para ello se propone integrar las capillas agustinas en dichos itinerarios, rescatando y promoviendo un uso compatible con las necesidades y valores culturales de las comunidades que habitan en el lugar.

El Jardín Botánico *Dăx'yo Ngui*. (que significa en lengua otomí: 'cerro cobijado por la nube') tiene como

objetivo conservar y difundir los ecosistemas del Valle del Mezquital a través de colecciones representativas. Éstos son el ecosistema de matorral crasicuale, el ecosistema de matorral osetófilo y la biogeografía de Mezquite-pastizal. El valle del Mezquital es la barrera meridional del desierto de Chihuahua, que se extiende desde los Estados Unidos de América, hasta el norte de México y su última sección en Querétaro e Hidalgo por lo que estamos contemplando un paisaje semiárido.

Este jardín, además de difundir el valor de los ecosistemas, estará ubicado estratégicamente en un lugar de interés geológico conocido como 'La barranca de poniente'. Se prevé la creación de un itinerario geológico con mirador, que permita observar los afloramientos geológicos y comprender las tres formaciones características de la zona (la formación Soyacal, la formación Mezcala y la formación 'Grupo el Morro') desarrolladas en los periodos Cenozoico y Mesozoico, de gran interés.

Estas cuatro temáticas corresponden a las acciones principales del *Proyecto de Salvamento* y forman el programa expositivo del Cactus-Pavilion. Dicho programa no se entiende sin su carácter itinerante y sin la capacidad de promover una actividad sostenible, en respecto con los valores naturales del entorno. El Cactus-Pavilion — fabricado digitalmente y conectado a la naturaleza— es el icono itinerante del proyecto y el contenedor de sus ideas.

SOSTENIBILIDAD. DISEÑO HIGHTECH Y LOWCOST PARA EL PATRIMONIO

Cactus-Pavilion es fruto de una serie de procesos, altamente tecnológicos, que buscan el equilibrio entre la forma, la fabricación digital y los sistemas de auto-montaje. El pabellón proporciona una arquitectura ligera, de bajo coste y fácilmente transportable que se adapta a las necesidades del proyecto.

Tal como hemos desarrollado en experiencias anteriores, estos procesos responden a un modelo geométrico basado en superficies desarrollables que propician, a su vez, el panelizado, el corte y la secuencia de montaje (9). El diseño y la tecnología CAD-CAM empleada para la fabricación, responden a los condicionantes de economía y optimización de materiales (10).

Una arquitectura de bajo coste y alto carácter tecnológico —Low-Cost & High-Tech— supone una baja inversión para los promotores, a la vez que maximiza la eficiencia y la sostenibilidad en todos los procesos, incorporando formas optimizadas de producción y automontaje. Una lógica productiva que ya existe en otros campos, justamente en el del diseño de mobiliario. El ejemplo más evidente es el mueble Ikea, del que hemos tomado referencias en el plano de la optimización.

La arquitectura es enteramente reducida a un 'kit' de componentes donde no falta ni sobra ninguna pieza ni ningún tornillo. De esta manera solo se produce lo necesario, minimizando los

residuos generados en el proceso de fabricación. Igualmente, el proceso de empaquetado del material garantiza que únicamente se traslade al lugar lo preciso para el montaje, tratándose de un tipo de construcción en seco que genera a su vez cero residuos (8).

ARQUITECTURA BIOMIMÉTICA Y SUPERF. DESARROLLABLES

La forma del pabellón está inspirada en las cactáceas endémicas del Valle del Mezquital, concretamente en el *Echinocactus platyacanthus* y sus formas cristatas (Fig.11). La forma en su conjunto funciona estructuralmente como una única piel autoportante donde la estabilidad se consigue mediante los pliegues y los cosidos de cada lámina de madera. Éstas son superficies desarrollables tangenciales, capaces de pasar de la forma plana inicial, a la espacial, sin pliegues ni deformaciones (11).

Dentro del conjunto de las superficies desarrollables se han elegido las 'convolutas desarrollables' entre dos curvas espaciales. Se denomina 'convoluta desarrollable' a la superficie que se apoya tangencialmente sobre dos curvas, dentro de unos límites y condicionantes geométricos establecidos.

Esta elección responde al hecho de que la superficie desarrollable resultante puede ser controlada fácilmente a partir de sus dos curvas generadoras. Un rápido análisis morfológico del *Echinocactus platyacanthus* nos revela que tiene una estructura fácilmente discretizable mediante curvas

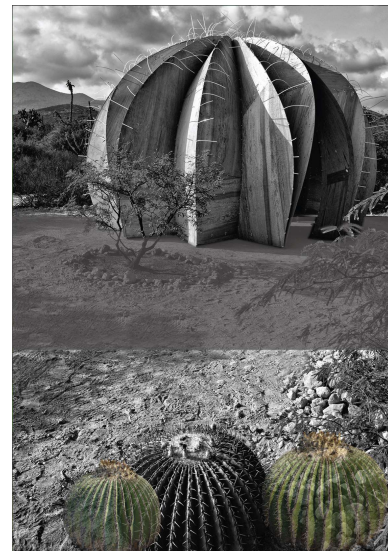


Fig. 11: Cactus Pavilion y *Echinocactus platyacanthus*. Foto: Cortesía Carlos Oteiza

organizadas en simetría radial, una condición propicia para generar convolutas desarrollables entre ellas (Fig.12). Esta discretización permite una razonable parametrización de la superficie desde razonamientos puramente gráficos, que será de suma importancia durante la fase de diseño.



Fig. 12: Modelo virtual CAD. Fuente: autor.

La fase de diseño biomimético fue desarrollada mediante algoritmos paramétricos realizados en *Grasshopper* bajo entorno gráfico *Rhinoceros*. (12). Finalmente, fue comprobó la estabilidad estructural y la constructibilidad del diseño mediante modelos virtuales y prototipos a escala reducida, el primero de los cuales se realizó en FablabDonostia.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Al igual que otros pabellones realizados, se trata de conseguir un diseño donde la superficie final se comporte constructivamente como una única piel autoportante. Las piezas planas se arman en el suelo, como si se tratara de un gran puzzle, curvándose luego en el espacio para adquirir su forma y resistencia final. En cada una de las piezas que forman los gajos del pabellón, la lámina de 3 mm de espesor no trabaja a flexión en ningún caso, sino en colaboración con su adyacente en forma de viga en sección "V". La capacidad resistente final se incrementa significativamente al vincularse todo el conjunto que tendrá mayor rigidez que cada gajo por separado (13).

Para llevar a cabo el panelizado — una vez realizado el desarrollo plano de toda su geometría— cada una de las superficies se descompone en partes más pequeñas, no mayores que las dimensiones de los paneles de la industria local (15). La continuidad geométrica de todas las piezas se consigue atornillando una tira de solape de 160 mm de ancho detrás de cada línea de corte. Los tornillos estarán colocados al tresbolillo a lo largo de cuatro líneas paralelas al corte. Estos tornillos tienen una separación entre sí comprendida entre los 250-350 mm, garantizando el comportamiento mecánico del material. El sistema de unión se realiza mediante tuercas para clavar, tornillos y arandelas. Las perforaciones para el paso de la tuerca se realizan mediante el mecanizado CNC.

El sistema de atado de cada superficie entre sí y el anclaje con la viga-zuncho del firme, se realiza mediante bridas de nylon de 40 mm. Esas bridas cosen los bordes de dos piezas distintas a lo largo de toda la línea de contacto. Para ello es necesario disponer orificios mecanizados específicamente en el diseño. Las bridas de nylon no se cortan una vez producido el atado. La presencia de estos filamentos a lo largo de los bordes del cactus guarda una relación directa con las púas que podemos apreciar en un cactus natural (Fig.13)



Fig. 13: Terminaciones finales. Fuente: autor.

El conjunto, una vez ensamblado, funciona como una única estructura cuyas tensiones verticales deben transmitirse al terreno de forma estable y cuyas tensiones horizontales —derivadas de la curvatura, el peso propio y la tensión activa del material— debe igualmente estabilizarse en su contacto con el plano de apoyo. En experiencias anteriores la creación de un plano perfectamente horizontal para el anclaje y la transmisión de dichas tensiones suponía un gran condicionante en la creación de la instalación. En algunos pabellones se realizó una plataforma o bancada horizontal para producir la necesaria horizontalidad del plano de apoyo y

sobre ella, se colocaron unos elementos atornillados —a modo de cartelas— que producían la correcta fijación a la plataforma.

Por el carácter itinerante de este proyecto y los condicionantes ambientales anteriormente citados, —no producir modificación en el entorno, facilitar el montaje y desmontaje, etc.— fue necesario producir otro tipo de solución constructiva. Ésta se basa en la creación de una viga-zuncho de apoyo que, gracias a su gran inercia, pueda mantener la horizontalidad absorbiendo las irregularidades y la falta de planeidad propias del terreno natural.

La viga-zuncho (Fig.14) se realiza con madera de OSB de 35 mm y 200 mm de ancho en las dos alas. Ambas están atornilladas a tacos de madera de 150x150x150mm que componen el alma de la viga. El ala inferior, en contacto con el terreno, es ligeramente más ancha que la superior, con el propósito de servir de soporte para el canto inferior de las láminas de madera del pabellón a lo largo de toda su línea de contacto, equilibrando la carga. Fue una solución exitosa —ya probada en 'Dieste Pavillon'— y que supone un gran avance sobre los sistemas anteriores.

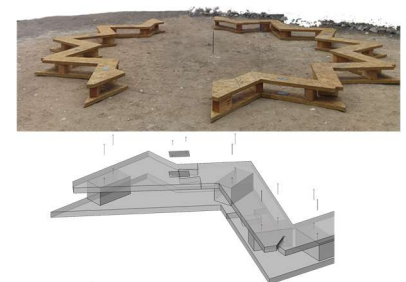


Fig. 14: Viga-zuncho. Fuente: autor.

FABRICACIÓN DIGITAL Y PRODUCCIÓN DESLOCALIZADA

Las tres fases del proceso fueron realizadas mediante tres equipos de trabajo diferentes.

El diseño del proyecto fue realizado por un equipo integrado por el Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla (Andrés Martín-Pastor) y el FabLab Donostia (Francisco González-Quintial).

El corte CNC y mecanizado de las piezas fue realizado con el apoyo del Taller de Diseño Industrial de la UNAM, que delegó el trabajo de corte en una empresa externa.

El proceso de armado y montaje para la primera de las ubicaciones, fue realizado por los estudiantes del Workshop “Arquitectura Experimental Itinerante. Cactus-Pavilion”. Dicho taller fue impartido en la UNAM en marzo de 2018, proporcionando a los estudiantes formación teórica y práctica en geometría arquitectónica y fabricación digital. El montaje y armado de este tipo de instalaciones arquitectónicas no está carente de un alto carácter experimental (14), al igual que el resto de la propuesta (Fig.15).



Fig. 15: Montaje Cactus Pavilion. Fuente: autor.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La realización de una instalación experimental supone asumir ciertos riesgos que se evidencia en todas las fases del proyecto de fabricación digital: el diseño, la fabricación y el montaje. Aceptar estos riesgos forma parte del proyecto desde el principio. Entre ellos, destacan la impredecible respuesta mecánica de los materiales conforme a la geometría final adoptada, la evolución en el tiempo de las deformaciones y los desconocidos efectos de las cargas reológicas, producto de las acciones climáticas y microclimáticas del lugar.

Debido a que no tenemos caracterizado el comportamiento mecánico de los materiales (las propiedades físicas de cada tipo de madera, las anisotropías de las fibras de cada panel comercial, etc.) así como tampoco poseemos un modelo de cálculo suficientemente representativo de las no-linealidades que caracterizan el comportamiento de estos sistemas laminares de flexión activa (16), nuestra aproximación estructural de la propuesta, se realiza a partir del comportamiento de modelos a escala 1:8, donde, a lo largo de experiencias anteriores, hemos verificado empíricamente su idoneidad.

El diseño presentado de arquitectura efímera Low-cost & High-tech brinda muchas oportunidades de desarrollo como espacio expositivo asociado al campo del patrimonio. Con este

proyecto se explora la potencialidad del pabellón itinerante, móvil, reactivo o simplemente transformable, asociado a las labores de rehabilitación patrimonial.

Se trata de un campo de aplicación de la fabricación digital que debe adaptarse y satisfacer los aspectos particulares de cada proyecto patrimonial, que se traduce en la sostenibilidad en los procesos y el respeto por el entorno en todos sus matices.

AGRADECIMIENTOS

Un especial reconocimiento a Alejandro Cabezas Pérez, coordinador del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura de la UNAM y a Rocío López de Juambelz, directora del Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural de la UNAM, por invitarnos a formar parte del Proyecto e impulsar nuestra línea de trabajo experimental. Otro merecido reconocimiento para equipo de producción y montaje del pabellón, liderado por Christopher Contreras López y los estudiantes del workshop “Arquitectura Experimental Itinerante. Cactus-Pavilion”.

Cactus Pavilion ha sido galardonado con una Mención Honorífica LAKA COMPETITION'18 <https://lakareacts.com/winners/cactus-pavilion/>. Un reconocimiento a los miembros de LAKA por su gran labor de difusión de la arquitectura experimental en los últimos años.

CRÉDITOS

DISEÑO

Proyecto: Andrés Martín Pastor. Universidad de Sevilla
Colaboración: Francisco González Quintial. Universidad del País Vasco

PRODUCCIÓN Y FABRICACIÓN

Coordinación de la Producción:

Alejandro Cabeza Pérez
Rocío López de Juambelz
Christhopher Contreras López

Coordinación de la Fab. Digital:

Taller de Diseño Industrial
Enrique Ricalde

MONTAJE

Coordinación montaje:

Rocío López de Juambelz
Alejandro Cabeza Pérez

Equipo de Montaje:

Estudiantes del Workshop “Arquitectura Experimental Itinerante. Cactus-Pavilion”
Colaboradores externos: Matilde Panascí, Alexandra Boboia

MARCO ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Investigación: Salvamento del Patrimonio Arquitectónico y Natural.
Santiago de Anaya, Valle del Mezquital, Hidalgo
Dirección: Rocío López de Juambelz
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura. UNAM
Coordinación: Alejandro Cabeza Pérez
Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural. UNAM
Centro de Investigaciones en Diseño Industrial. UNAM

ENTIDADES PARTICIPANTES

Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad de Sevilla
Universidad del País Vasco
Municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo, México

DIFUSIÓN

Fotografía: Carlos Contreras de Oteiza

COLABORACIÓN

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, ETSIE de Sevilla; Dpto de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla; Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Dpto. Arquitectura, Universidad del País Vasco; Fab Lab Donostia; Vicerrectorado de Estudiantes, Universidad de Sevilla; Grupo de Investigación Universidad de Sevilla. HUM976: Expregráfica. Lugar, Arquitectura y Dibujo; Grupo de Investigación ESMAARQ; Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción. IUACC; Biblioteca de Arquitectura. Universidad de Sevilla.

REFERENCIAS

1. **Chiarella M. y Martín-Pastor A.** 2015. "Thinking Graphic and Design Collaborative. Developable geometries for folded architectural compositions". In *Proceedings of the XIX Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics 2015*. São Paulo: Blucher, p. 702-707. ISBN 978-85-8039-136-7
2. **Martín-Pastor, A.** 2015. "Um retorno aos fundamentos da geometria. The Butterfly Gallery-Superfícies Helicoidais. Estratégias Geométricas para a Fabricação Digital". *Cadernos PROARQ. Revista de Arquitetura e Urbanismo* 25. Rio de Janeiro: UFRJ Postgraduation Program in Architecture. p. 2-30. ISSN 1679-7604.
3. **Martín-Pastor, A. y López-Martínez, A.** 2017. "Developable Helicoids from cylindrical helix and its application as architectural Surface". In *Proceedings of Geométrías17*. Coimbra: Universidad de Coimbra, p. 73-77. ISBN 978-989-98926-4-4
4. **Martín-Pastor, A. y García Alvarado, R.** 2019. "Developable wooden surfaces for lightweight architecture. Bio-Dune Pavilion". In Bianconi, F., Filippucci, M., eds. *DWD. Innovative techniques of representation in architectural design*. Springer, ISBN 978-3-030-03675-1
5. **González Quintal, F. et al.** 2013. "Freeform surfaces adaptation through developable surfaces using apparent contours". In Jianlong Zhang, Chengyu Sun, eds. *CAAD Futures 2013. Communications in Computer and Information Science, vol. 369*. Berlin, Heidelberg: Springer. ISSN: 1865-0929
6. **Pottmann, H. et al.** 2008. "Freeform surfaces from single curved panels". *ACM Transactions on Graphics*, 27(3). ISSN 0730-0301
7. **Schling et al.** 2018. "Design and Construction of Curved Support Structures with Repetitive Parameters". In *Advances in Architectural Geometry 2018*. ISBN 978-3-902233-03-5
8. **Martín-Pastor A. et al.** 2017. "Rethinking Ephemeral Architecture. Advanced Geometry for Citizen-Managed Spaces". In Mercader-Moyano, P., ed. *Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering*, Springer, p. 301-310. ISBN 978-3-319-51441-3
9. **Martín-Pastor, A.** 2018. "Augmented Graphic Thinking in Geometry. Developable Architectural Surfaces in Experimental Pavilions". In Marcos, C., ed. *Graphic Imprints*, Springer. p. 1065-1070. ISBN 978-3-319-93748-9
10. **Pottmann, H.** 2010. "Architectural geometry as design knowledge". *Architectural Design*, 80(4), p. 72–77. ISSN 0003-8504
11. **Glaeser, G., y Gruber, F.** 2007. "Developable surfaces in contemporary architecture". *Journal of Mathematics and the Arts*, 1(1), p. 59–71. ISSN 1751-3480
12. **Schleicher, S.** 2016. *Bio-inspired compliant mechanisms for architectural design: transferring bending and folding principles of plant leaves to flexible kinetic structures*. Stuttgart: Universität Stuttgart. ISBN 978-3-922302-40-7
13. **Narváez-Rodríguez R. et al.** 2014. "The Caterpillar Gallery: Quadric Surface Theorems, Parametric Design and Digital Fabrication". In: Block P, Knippers J, Mitra N, Wang W., eds. *Advances in Architectural Geometry 2014*, Springer, p. 309-322. ISBN 978-3-319-11417-0
14. **Menges, A., Schwinn, T., y Krieg, O. D.** 2016. *Advancing Wood Architecture*. London, New York: Routledge. ISBN: 978-1-138-93298-2
15. **Aicher, S., Garrecht, H., y Reinhardt, H.** 2014. *Materials and Joints in Timber Structures*. RILEM Bookseries Vol. 9. Springer. ISBN 978-94-007-7810-8
16. **Austern, G., Capeluto, I. G., y Grobman, Y. J.** 2018. "Rationalization methods in computer aided fabrication : A critical review". *Automation in Construction*, 90, p. 281–293. ISSN 0926-5805