

RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

En el último cuarto del siglo XX reconocidos arquitectos y teóricos de la arquitectura como Greg Lynn, Manuel Gausa, Juan Carlos Sancho y Sol Madridejos, así como filósofos como Félix Guattari y Gilles Deleuze han encontrado múltiples vínculos entre el concepto de pliegue, su exploración formal y definición topológica y la creación arquitectónica. El término pliegue abarca una gran variedad de definiciones y aplicaciones en la arquitectura, desde la descripción y utilización estructural de Fred Angerer y Heino Engel, y la exploración formal de Farshid Moussavi, hasta la lectura más conceptual y teórica de Peter Eisenman.

¿Qué obras de arquitectura se han visto inspiradas en sus composiciones formales por el arte del origami? ¿Cómo y cuándo la arquitectura integró los patrones geométricos de la papiroflexia? ¿Cuáles son los diferentes mensajes que evoca el pliegue arquitectónico?

En los libros *La Función de la Forma* y *La Función del Ornamento*, la arquitecta Farshid Moussavi, resalta la función sensorial y significativa de la forma y el ornamento arquitectónico, apostando por las amplias posibilidades significantes de la forma arquitectónica. Estudiar la forma como elemento transmisor del mensaje y el fondo como concepto esencial para la comunicación, es clave para conocer y entender la experiencia arquitectónica en su conjunto. El presente trabajo trata de explorar y entender el origen de los recursos y mecanismos de formalización arquitectónica inspirados en el pliegue. Busca recapitular el conocimiento adquirido en las diferentes experiencias arquitectónicas para analizar y sintetizar tanto sus configuraciones morfológicas como su contenido semántico, destacando las relaciones conceptuales y formales entre el origami y la arquitectura.

J. C. Sancho y Sol Madridejos citando a Deleuze distinguen entre el pliegue inorgánico, simple y directo, y el pliegue orgánico, compuesto, cruzado e indirecto. Y van más allá en su definición cuando se refieren al pliegue orgánico como el pliegue de la cultura occidental, heredado de las manifestaciones artísticas de la escultura helénica, en lo que se ha dado a conocer como la técnica de los “paños mojados”. Mientras que el pliegue inorgánico representa el pliegue de superficies planas facetadas que derivan del arte del origami japonés.

El origami arquitectónico fue enunciado inicialmente por el doctor arquitecto Tomohiro Tachi en una clase magistral ofrecida en el año 2010 en el Massachusetts Institute of Technology donde expondría diferentes sistemas de diseño de formas arquitectónicas generadas en origami computacional. En ese curso Tachi mostraría los tres *software* específicos diseñados por él que calculan y realizan una simulación en 3D de procesos de plegado de superficies planas.

Durante la primera parte del siglo XX, para los arquitectos y artistas de las vanguardias, expresionistas, cubistas y constructivistas, el trabajo en papel sirvió para la experimentación formal y la exploración y representación de nuevos espacios arquitectónicos de gran valor expresivo, espacios complejos y agresivos, cargados de ritmos, quiebras y singularidades. Donde mejores ejemplos encontramos de estas experiencias es en los cursos preliminares obligatorios para todos los alumnos de la Bauhaus. En los *Vorkurse*, los profesores Laszlo Moholy-Nagy y Josef Albers, hicieron

del papel uno de sus principales materiales de trabajo, usándolo como un buen método de introducir a los estudiantes en las posibilidades de explorar el espacio y la forma directamente con el manejo del material. Estos cursos servían para inculcar a los alumnos una inusual libertad expresiva y formal.

A esta etapa la consideramos los inicios del origami abstracto, la corriente artística de finales de siglo XX que se desprende de los referentes figurativos del origami tradicional. El origami abstracto utiliza las técnicas y procedimientos básicos de pliegue o “bases” de las figuras tradicionales generando una serie de patrones modulares de pliegue de superficies de múltiples variantes geométricas.

Es pertinente aquí reconsiderar la relación entre lo plegado, lo prismático y lo cristalino. Podemos considerar que algo es o ha sido plegado cuando viene de otro origen superficial no transformado. Entendiendo que las formas facetadas prismáticas que se generan a partir de la extrusión de una generatriz se pueden realizar mediante el pliegue de láminas delgadas, es evidente que estas formas poliédricas, que generalmente fueron realizadas con procedimientos de corte y pliegue de papel en las escuelas, son mucho más representativas del trabajo del arquitecto que piensa en espacios, frente a las formas cristalinas macizas y en general convexas, exentas de huecos y espacios internos significativos y que se forman por procedimientos de pulido y talla.

Fred Angerer distinguía entre construcciones macizas, de entramado y laminares. Destacando que, al contrario de las construcciones macizas donde no existe relación entre el aspecto exterior y el espacio interior, las construcciones laminares expresan en su espacio interior el orden exterior que las conforma. Por lo que esta investigación también ha considerado representativas todas aquellas figuras poliédricas y morfologías arquitectónicas generadas mediante superficies facetadas no desarrollables, pero sí continuas y, por lo tanto, factibles de ser realizadas mediante las técnicas del plegado.

En conclusión, esta tesis doctoral es un estudio de metodología histórica, de caso y experimental, de las variables semánticas, sintácticas y morfológicas, derivadas del uso de patrones de superficies plegadas en la arquitectura contemporánea, desde estructuras estáticas de superficies plegadas hasta arquitecturas cinéticas e interactivas de diseño paramétrico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS DE LA TESIS DOCTORAL.

■ INTRODUCCIÓN

| | |
|---|----|
| APROXIMACIÓN CONCEPTUAL | 8 |
| METODOLOGÍA HISTÓRICA, DE CASO Y EXPERIMENTAL | 17 |

■ HISTORIA Y CONCEPTO DEL PLIEGUE

| | |
|--|------------|
| 1.1. DEL ORIKATA AL ORIGAMI | 31 |
| De los pliegues ceremoniales al arte lúdico del origami japonés. | 32 |
| El pliegue de papel en China. | 41 |
| La tradición de plegado en Europa. | 44 |
| 1.2. EL ORIGAMI ABSTRACTO | 52 |
| 1.2.1. La papiroflexia didáctica: Friedrich Fröebel | 53 |
| 1.2.2. Patrones de pliegue estructurales: La Bauhaus | 60 |
| 1.2.3. Los juegos de construcción en papel y cartón | 70 |
| The toy. El juego de arquitectura de los Eames. | 70 |
| Las esculturas-juego de Bruno Munari. | 73 |
| Polypops. Los juguetes de cartón de Roger Limbrick. | 76 |
| El Flexagón, los Calidociclos y los Kinetogamis | 79 |
| 1.2.4. Las esculturas de papel plegado: Folded paper sculptures | 87 |
| 1.2.5. El origami arquitectónico | 89 |
| El "rigid origami" | 91 |
| Curved Folding o pliegue curvo | 100 |
| El Origami Modular | 107 |
| Las "Origami Tessellations" | 110 |
| 1.3. EL PLIEGUE EN LAS PUBLICACIONES DEL S. XX Y XXI | 121 |
| Las primeras reseñas históricas. | 123 |
| 1.3.1. Modelos y casos en las publicaciones periódicas de arquitectura | 124 |
| Yoshimuras y pleats regulares para luminarias. 1950 | 124 |
| El patrón de plegado espina de pez. 1952 | 127 |
| La intersección entre dos láminas plegadas. 1954 | 129 |
| Primera cúpula de patrón de pliegue yoshimura polar. 1956 | 133 |
| Variantes del yoshimura cilíndrico y polar. 1956 | 135 |
| Estructuras Plegadas. 1961 | 136 |
| Arquitecturas fantásticas, visionarias y prototipos. 1962 | 139 |
| 1.3.2. El pliegue moderno y su divulgación en textos didácticos. | 142 |
| Construcción Laminar. Fred Angerer. 1960 | 142 |
| Sistema de estructuras. Heino Engel. 1964 | 143 |
| Why Buildings stand up. Mario Salvadori. 1980 | 146 |
| Folding Architecture; Spatial, Structural and Organizational Diagrams. 2003 | 148 |
| The Function of Form and Ornament. Farshid Moussavi. 2009 | 150 |
| 1.4. EL PLIEGUE Y SUS SIGNIFICADOS | 151 |
| Hacia una semántica del pliegue. | 151 |
| 1.4.1. Vivir en lo oblicuo | 152 |
| 1.4.2. El pliegue y el barroco. Hacia la autonomía del espacio interior. | 156 |
| 1.4.3. La levedad del pliegue, estructuras difusas. | 159 |
| La inspiración natural, morfologías, algoritmos y fractales. | 162 |
| La geometría de la naturaleza. | 164 |
| La deriva infográfica. | 165 |
| 1.4.4. Curvilinealidad arquitectónica: lo plegado, lo flexible y lo elástico. | 166 |
| 1.4.5. Pliegues, repliegues, despliegues. | 168 |

PLIEGUES CONSTRUIDOS**2.1. LAS FORMAS FACETADAS 170****2.1.1. *Encuentro entre Oriente y Occidente.* 171****2.1.2. *Las nuevas formas de los movimientos de vanguardia.* 175**

El Futurismo italiano. 175

El Cubismo checo. 176

El Expresionismo Alemán. 184

2.2. EL PLIEGUE LIBRE 193**2.2.1. *La inspiración oriental. Frank Lloyd Wright* 206**

J. Lyman Silsbee, el viaje iniciático y la biblioteca personal de Wright. 206

Friedrich Fröbel y las primeras nociones espaciales. 209

El pliegue de la pequeña escala. 211

Proyectar con geometrías plegadas y en base hexagonal. 214

2.2.2. *De lo leve y lo pesado. Marcel Breuer.* 219

La experiencia en la Bauhaus. 223

Las casas "mariposa" y la monumentalidad multifacética 225

2.3. EL PLIEGUE CONFORMADOR Y ESTRUCTURAL 229**2.3.1. *Plegaduras laminares de hormigón armado* 230****2.3.2. *Láminas plegadas de madera, metal, cristal, polipropileno...* 248**

Buckminster Fuller. 249

2.4. EL PLIEGUE CON MALLAS ESPACIALES 253**2.4.1. *Mallas estáticas* 253****2.4.2. *Mallas dinámicas. Emilio Pérez Piñero* 258****2.5. SUPERFICIES PLEGADAS, CINÉTICAS E INTERACTIVAS 263****CONCLUSIONES****3.1. UN NUEVO MATERIAL DOCENTE 284****3.2. MAPA HISTÓRICO-MORFOLÓGICO 297****BIBLIOGRAFÍA****RELACIÓN DE IMÁGENES****ANEXOS. PUBLICACIONES DESTACADAS**

Origami folding patterns in the work of F. Ll. Wright. 316

Mirador. 317

Crumbled umbrella. 318

Origami tessellations in continuum: 319

Poster: Exploring the Performativity of Origami Tessellations. 320

INFORME LA ADECUACIÓN DE LA TESIS A LA LÍNEA EDITORIAL Y NUEVO FORMATO DE LA COLECCIÓN ARQUIA/TESIS.

Tal como se especifica en la web de la propia fundación, la editorial *“se significa por la labor divulgadora del conocimiento arquitectónico, por la línea de edición coherente, con un diseño cuidado y un contenido reconocido tanto por el colectivo académico como por el profesional”*. La presente tesis espera cumplir con estos objetivos, el contenido ha sido reconocido por el tribunal con la calificación de Sobresaliente Cum Laude con Mención Internacional. El tribunal estaba formado por tres catedráticos de amplia experiencia profesional y académica, y de diferentes áreas de conocimiento. Un catedrático de proyectos arquitectónicos, un catedrático del departamento de composición arquitectónica y un catedrático del área de estructuras y construcción. Además en el tribunal también se encontraban dos profesores titulares, uno de ellos de la universidad de Graz, Austria, al tratarse de una tesis con Mención Internacional.

La tesis doctoral se ha planteado como un estudio histórico, de caso y experimental, por lo que no solo plantea un análisis histórico y crítico de las obras y experiencias arquitectónicas relacionadas con el tema, sino que tiene una intención claramente propositiva, al ofrecer una nueva taxonomía o definición de los diferentes patrones de pliegue y unas nuevas unidades docentes y caminos de investigación.

La Mención Internacional de la tesis avala un aspecto más de la presente investigación, y es su vocación de abrir fronteras, pues el trabajo de investigación se ha desarrollado tanto en Madrid como en Volos, Grecia, como también en sendos cursos realizados en París. Los contactos realizados en los 4 congresos internacionales en los que se han presentado resultados de investigación han abierto las puertas a futuras investigaciones conjuntas.

Finalmente la tesis está maquetada en formato DINA4 vertical, pero podrá adecuarse sin problemas al formato marcado por la línea editorial de la fundación Arquia.

Nota biográfica de máximo 100 palabras con fotografía del autor.

Doctor Arquitecto con la calificación de sobresaliente “Cum Laude” con Mención Internacional, Máster en Análisis, Teoría e Historia de la Arquitectura y Licenciado en Bellas Artes especializado en Artes Gráficas en la Academia de Bellas Artes de Amberes. Miembro del Grupo de Investigación en Arquitectura y Desarrollo Turístico Sostenible, ha participado en tres proyectos de investigación internacionales con financiación y cuenta con publicaciones en revistas y congresos internacionales. Entre abril del 2014 y enero del 2019 ha ejercido las labores de coordinador de las titulaciones de la Escuela de Arquitectura y director del Departamento de Arquitectura de la UEC.

