

Pliegues, despliegues y repliegues. Didáctica proyectual e instrumentos de Ideación

Foldings, unfoldings and refoldings. Pedagogy for the project and instruments of ideation

Mauro Chiarella¹
Universidad Nacional del Litoral, Argentina
chiarell@fadu.unl.edu.ar

RESUMEN – En la arquitectura internacional de las últimas décadas, diferentes referentes contemporáneos (Libeskind; Rem Koolhaas; Herzog & De Meuron; Toyo Ito; Un Studio; NOX; Madridejos-Sancho) han presentado gráficamente obras y proyectos arquitectónicos a partir del desarrollo bidimensional (unfolding) de superficies tridimensionales plegadas (folding). La proyección bidimensional continua y dinámica de una situación espacial tridimensional se ha sostenido desde: simples alegorías espacio-temporales del Proyecto Arquitectónico hasta desarrollos con nuevos recursos instrumentales, generando soluciones estructurales, formales, espaciales y tecnológicas innovadoras. Estas valiosas experiencias individuales, si bien han contribuido positivamente al debate contemporáneo, a nivel práctico, no han constituido estrategias generalizables y transferibles al ejercicio y a la enseñanza profesional. La Investigación utiliza el resultado de mas de 10 workshops (con metodologías de Unfolding y Folding) realizados en Chile, Argentina y Brasil para desarrollar una didáctica proyectual que permita indagar sobre las propiedades espaciales y materiales de las composiciones plegadas en Arquitectura. Se propone la revisión y actualización de los instrumentos proyectuales a través de la incorporación del Diseño Paramétrico (patrones generativos 2D); software de origami 3D y máquinas de Fabricación Digital (CNC y Cortadora Láser).

Palabras-clave: composiciones plegadas, didáctica proyectual, diseño paramétrico, fabricación digital.

ABSTRACT – In last decades of international architecture, different contemporary architects (Libeskind; Rem Koolhaas; Herzog and Of Meuron; Toyo Ito; UnStudio; NOX; Madridejos-Sancho) have graphically presented buildings and architectural projects on the basis of a two-dimensional unfolding of three-dimensional folded surfaces. The two-dimensional constant and dynamic projection of a spatial three-dimensional situation has been argued from simple spatial-temporal allegories of the Architectural Project up to new developments with non-conventional instrumental resources, generating innovative structural, formal, spatial and technological solutions. Although these valuable individual experiences have contributed positively to the contemporary discussion, at the practical level they have not represented generalized strategies that can be transferred to the professional practice and to architectural education. This article uses results of more than 10 workshops (with Unfolding and Folding methodologies) developed in Chile, Argentina and Brazil to build up a pedagogy for the project that makes it possible to investigate the spatial and material properties of folded compositions in Architecture. It proposes to review and update project instruments through the incorporation of Parametric Design (2D generative patterns); 3D origami software and machines of Digital Manufacturing (CNC and Laser Cutting).

Key words: folded compositions, pedagogy for the project, parametric design, digital manufacturing.

Introducción

Pliegues, repliegues y despliegues constituyen una alegoría de época. Un intento de aportar nuevo conocimiento al pensamiento gráfico arquitectónico a través de estrategias didácticas y proyectuales operando tanto con las nuevas tecnologías como con la recuperación de lo mejor de las tradicionales. Esta cambiante realidad del pensamiento arquitectónico representada en el movimiento sugerido por la acción de plegar y

desplegar deviene un fin en sí mismo, en la creación de un espacio lúdico y experimental. El triple movimiento sugerido por Deleuze (1989), lejos de desarrollarse en forma lineal, se interpreta como un avance en el proceso de concreción formal, mediante oscilaciones pendulares, desplazamientos rizomáticos, que se aplican, desde una estrategia a la vez pedagógica y metodológica a cuestiones de espacio, forma, materia y contexto propias de la disciplina arquitectónica en diversos momentos de la formación disciplinar pero siempre en la fase inicial

¹ Doctor/Arquitecto. Post-Doctorado FONDECYT N° 3110025, CID-FADU-Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria UNL (S30001XAI). Santa Fe, Argentina.

del proceso creativo. La acepción inglesa del término *Unfolding* da pie a una mayor multiplicidad de lecturas según los contextos en que es utilizado. Las diferentes traducciones al castellano nos hablan de despliegue, desarrollo, desdoblamiento, desenvolvimiento; en el sentido figurado aparece como exponerse, revelarse, abrirse. Es más que obvia la intencionalidad de aproximación al sentido filosófico del término acuñado por Deleuze (1989), término que ha inspirado acercamientos geométrico-espaciales, metodológicos y conceptuales, a más de un proyecto arquitectónico en las últimas décadas (Herzog & Meuron; Libeskind; Rem Koolhaas; Toyo Ito; Madridejos-Sancho; Koers-Zeinstra-Van Gelderen).

Desplegar la Arquitectura, elaborar otras miradas a través de la revisión de sus instrumentos proyectuales tradicionales focalizando las particularidades del pensamiento gráfico arquitectónico en su situación contemporánea, permite acceder estratégicamente a nuevos recursos en la representación de geometrías, espacios y formas, conceptos, métodos y estrategias de abordaje. Nos interesa explicar brevemente en qué contexto irrumpen esta alegoría y su pertinencia en el marco de los objetivos generales que ha perseguido la investigación sin obviar que esta es tan sólo una propuesta metodológica más de las múltiples que se barajan hoy en día en el campo arquitectónico. La propuesta se ha iniciado desde una economía instrumental de escala básica, con recursos mínimos, desde el proceso proyectual íntimo similar al modo de reflexión personal que realiza el arquitecto, incorporándose progresivamente experiencias de creación colectiva a través de la sociabilización de fórmulas paramétricas y bases de datos desarrolladas *ad hoc*.

Presentación y marco conceptual

El problema que pretendemos abordar en esta investigación es el siguiente. El instrumento de representación, sus potencialidades y limitaciones en la comprensión geométrica de la forma y el espacio, es un factor imprescindible de la producción del objeto arquitectónico reconocido éste en su devenir histórico y asumido como hecho cultural. La concepción del espacio, la noción de espacialidad que cada sistema geométrico implica es una condición significativa fundamental del paradigma de una época, en el que se instalan las certezas, dudas e incertidumbres del pensamiento de su tiempo (Doberti, 2004). A lo largo de la historia, los diferentes avances en el campo representacional repercutieron en otras maneras de concebir el espacio arquitectónico. El cambio en la mera forma de representar y por ende de concebir los objetos arquitectónicos en los procesos de proyectación produce importantes modificaciones en la estructura profunda de la creación arquitectónica y a través de ella en sus nuevas concepciones espaciales. Es así como afirmamos que cada arquitectura lleva las marcas de los medios por los que ha sido proyectada.

El cambio de paradigma y de visión es la expansión de un pensamiento coherente con la crítica de época. Pertenecer a un cambio en la manera que tenemos de mirar, leer los fenómenos y de representarlos. De esta manera observamos que las corrientes más experimentales de la arquitectura de las últimas décadas han explorado nuevos caminos a través de la revisión y re-semantización de los tradicionales sistemas de representación (Chiarella, 2004); o a partir de la incorporación de los recursos innovadores

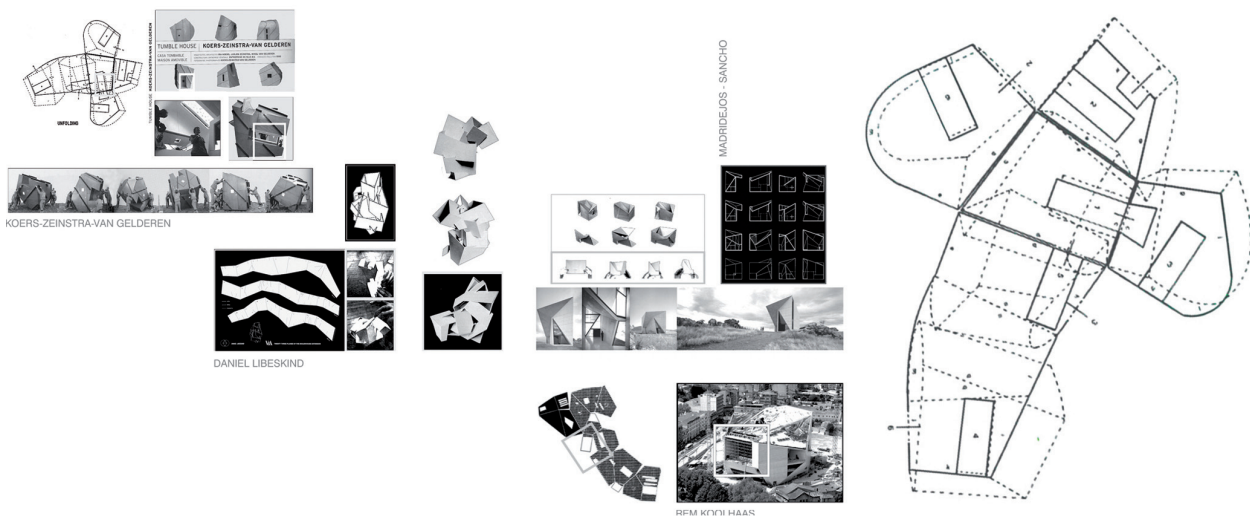


Figura 1. Aproximaciones arquitectónicas diversas del concepto Pliegue: geométrico-espaciales, metodológicas, instrumentales y filosóficas.

Figure 1. Different architectural approaches of Fold concept: geometric space, methodological, instrumental and philosophical.

de la representación y simulación digital. Es desde finales de los ochenta donde se encuentran especulaciones teóricas y proyectos que de alguna manera hacen alusión a los nuevos paradigmas en su forma de ver, conocer y actuar sobre una realidad diversa y compleja. Como sabemos, los Medios Digitales han propuesto nuevas relaciones sobre lo arquitectónico y su representación a partir de la creación de un espacio de información simbólico-dinámico donde la representación usurpa la identidad de lo representado (Chiarella, 2005). Los nuevos procedimientos digitales de cálculo matemáticos (no-lineales, dinámicos e imprevisibles) a través de la informática gráfica van modificando la espacialidad del presente a través del distanciamiento de algunas cualidades geométricas con que históricamente identificamos a la arquitectura. Precisamente en el distanciamiento de la estabilidad y rigurosidad modular tridimensional inscripta en el espacio cartesiano de geometrías predominantemente euclidianas. De la misma manera, la creatividad del sujeto social se abre de lleno en un proceso de intercambio e interacción a través de la Autoría Colectiva (De Kerckhove, 1999), las Bases de Datos digitales (Manovich, 2001) y la construcción hipertextual posibilitadas por las TIC's – Tecnologías de Información y Comunicación (Piscitelli, 2005).

En base a todas estas premisas, la hipótesis a demostrar es que los diferentes sistemas de representación utilizados en Arquitectura generan, modifican y/o confirman de por sí formas de lectura y de memoria específicos en relación a los mecanismos de percepción y conocimiento que proponen, permitiendo comprender las relaciones que existen entre las herramientas proyectuales y las formas arquitectónicas resultantes al contextualizarlas en los paradigmas culturales en que se desenvuelven (Chiarella, 2009). La arquitectura del pliegue-despliegue generada a partir de la interacción premeditada de medios análogos y digitales demuestra la validez de esa afirmación.

Los objetivos particulares propuestos son: Reflexionar sobre las implicancias conceptuales y técnicas de los nuevos medios de ideación análogos/digitales y su aplicación a la didáctica proyectual a través de ejercicios prácticos de generación de formas y espacios arquitectónicos. Explorar las posibilidades de integración entre medios análogos y digitales como factor imprescindible de la producción del objeto arquitectónico, reconocido éste en su devenir histórico y asumido como hecho cultural. Proponer alternativas proyectuales a través de nuevos modos de abordaje y estrategias de ideación para la generación, control y construcción geométrica de formas y espacios específicos en situaciones contemporáneas. Por otra parte entre los objetivos particulares se propone: explorar, desarrollar y estructurar propiedades espaciales y materiales innovadoras que deriven de las composiciones plegadas en Arquitectura, a través de procesos de ideación no convencionales y posteriores verificaciones físicas con tecnologías CAD-CAM disponibles en el medio local.

Laboratorio de Representación e Ideación (RI.Lab)

Para el desarrollo de los objetivos propuestos y verificación de la hipótesis enunciada, en una investigación educativa a la vez específicamente arquitectónica, hemos empleado la metodología del Estudio de Caso (Stake, 1995), de larga tradición en la investigación pedagógica concretado en unos talleres de experimentación (denominados Laboratorios Proyectuales) conceptualizados dentro del Laboratorio de Representación e Ideación (RI.Lab). En RI.Lab participan docentes tanto de los Departamentos de Representación Arquitectónica como de Proyectos Arquitectónicos.

El Laboratorio Proyectual (instancia práctica del Laboratorio de Representación e Ideación) actúa a partir de ejercicios predeterminados e implementados a manera de workshop en colaboración conjunta con docentes de diferentes universidades, países, regiones culturales diferenciadas (Latinoamérica y Europa) y disciplinas proyectuales afines. Una planificación predefinida de esta investigación a lo largo de diversos cursos desde el año 2006 hasta el 2011 ha posibilitado su desarrollo en diferentes universidades y ensayar tanto con estudiantes como con docentes de diferentes grados. Esto ha permitido implementar un mismo ejercicio proyectual a un número significativo (mas de 300 trabajos desarrollados hasta el momento) de estudiantes de arquitectura, de posgrado y profesionales externos a la universidad y con todo ello extraer una serie de conclusiones contrastadas comunes a la vez que ha permitido encontrar ciertas continuidades y peculiaridades de las múltiples miradas individuales a un mismo problema.

Las experiencias realizadas se caracterizan por una fuerte impronta experimental y una marcada concentración en aspectos relativos a la generación y desarrollo del objeto arquitectónico (geometría, forma, espacio y materia), incorporando variables contextuales recién en los últimos cursos desarrollados. Los cursos en formato de talleres han sido realizados en Latinoamérica: Universidad del Bio-Bio (MECESUP N° 10308, Chile); Universidad Nacional del Litoral (CAI+D05 N° 015-097, Argentina) y Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Brasil), a grupos de 20/30 alumnos (Figura 2).

El Laboratorio de Representación e Ideación (RI.Lab) ha trabajado experimentalmente a partir de ejercicios proyectuales, centrándose no solo en el aprendizaje de los conocimientos y habilidades necesarias para manipular de forma adecuada los instrumentos análogos-digitales de proyectación, sino en la comprensión de lo que estas herramientas de representacional y prefiguración suponen para la concepción e ideación de la arquitectura. Es así como se propone adecuar los recursos tecnológicos disponibles en una visión integradora y estratégica para ampliar las capacidades proyectuales de nuestros alumnos. Es de esta forma como en los primeros años ha operado el concepto

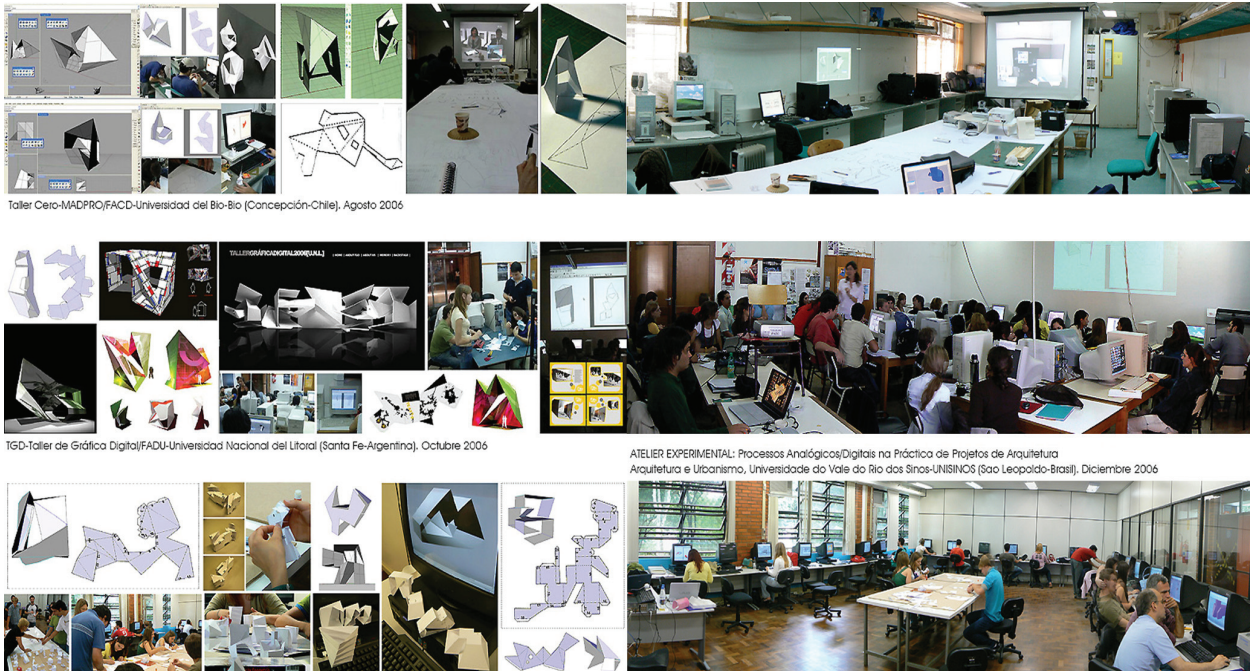


Figura 2. Talleres experimentales en Latinoamérica: Universidad del Bio-Bio (MADPRO-Taller Cero, Chile); Universidad Nacional del Litoral (TGD, Argentina) y Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Atelier Experimental, Brasil) (2006-2009).

Figure 2. Experimental Workshop in Latin America: Universidad del Bio-Bio, Chile; Universidad Nacional del Litoral, Argentina and Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil (2006-2009).

de Despliegue (Unfolding Architecture; 2006/2010) a través de recursos mixtos análogos digitales basados en la manipulación gráfica directa (CAD) de geometrías informáticas. Gradualmente se ha ido incorporando el diseño paramétrico (patrones generativos; fórmulas y simulación de procesos de plegado 3D), el prototipado rápido y la fabricación digital con ejercicios centrados en el concepto que posee mas antecedentes didácticos y profesionales de aplicación: Folding (Composiciones Plegadas; 2010/2011) (Figura 3).

Didáctica Proyectual: estrategias desde los instrumentos de ideación

La enseñanza del Proyecto Arquitectónico se ha desarrollado a lo largo de la historia a través de diferentes paradigmas didácticos valiéndose de innovaciones técnico-operativas y filosófico-conceptuales de la representación, la geometría y el espacio. Los instrumentos y medios elegidos para la creación condicionan y potencian mecanismos de percepción y de conocimiento del sujeto de aprendizaje. Los entornos digitales y las TIC's proponen estrategias didácticas abiertas, no-lineales y dinámicas basadas en la enseñanza-aprendizaje colaborativo, la construcción social del conocimiento y el autoaprendizaje. Los instrumentos mixtos análogo-digitales

sugieren una visión integradora y complementaria para lograr una mayor comprensión y actuación sobre los sistemas complejos que intervienen en el acto de proyectar arquitectura.

El uso intencional de recursos de representación y proyectación no convencionales propone asumir un riesgo experimental a través de la utilización de bases conceptuales no habituales en la fundamentación epistemológica e instrumental de la arquitectura. En las últimas décadas, formas y espacios contemporáneos se inician con procesos de ideación abiertos, no lineales y sistemas mixtos (análogo-digitales), cuyos resultados están más caracterizados al proceso mismo (índices, distancias entre momentos, tránsitos, movimientos, desplazamientos y acciones) que a la adopción de categorías compositivas (orden, tipo, elemento, superposiciones) o categorías funcional-racionalistas (sistema, tipología, estructura) (Figura 4).

Estas estrategias y aproximaciones proyectuales múltiples (caracterizadas por movimientos constantes en el sentido de orden-desorden-organización) proponen una disrupción en el pensamiento gráfico arquitectónico tradicional. La disrupción incorpora el azar como valor creativo y reivindica una ausencia argumentativa de racionalidad de medios y fines como linealidad determinística generadora de la forma y el espacio.

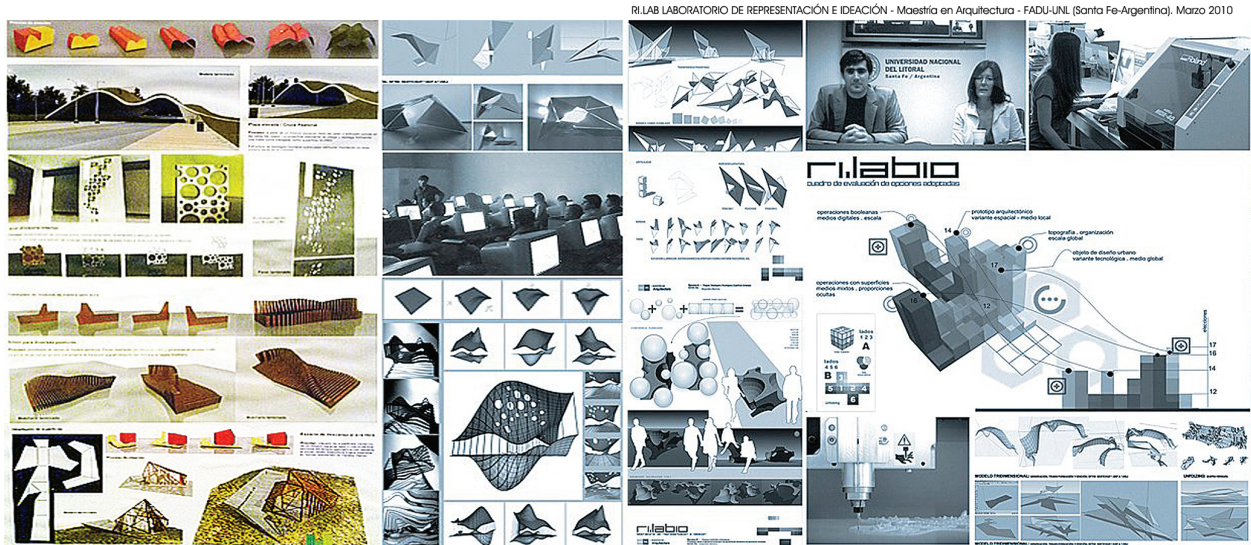


Figura 3. RI.Lab (Laboratorio de Representación e Ideación). Maestría en Arquitectura. FADU-UNL (Santa Fe, Argentina). Marzo, 2010.

Figure 3. RI.Lab (Representation and Ideation Lab). Master of Architecture. FADU-UNL (Santa Fe, Argentina). March, 2010.



Figura 4. Taller de Gráfica Digital, FADU.UNL (Santa Fe, Argentina, 2006-2009).

Figure 4. Workshop of Digital Graphics, FADU.UNL (Santa Fe, Argentina, 2006-2009).

La aceptación y exploración de las situaciones descritas no debería imposibilitar registros de instancias, momentos y transiciones, a fin de cartografiar ciertos procesos gráficos utilizados y las acciones desarrolladas. De este modo, surgen nuevas situaciones diferenciadas de los paradigmas y referentes asimilados por nuestra memoria en un proceso de formación disciplinar tradicional. Las experiencias didácticas desarrolladas nos sugieren recuperar un cierto control *a posteriori* de estos momentos de quiebre, a fin de no inhibir los procesos iniciados y sumirlos en un mero caos creativo con jerarquías poco claras de los fines y objetivos inicialmente perseguidos. El registro de procesos gráficos y acciones desarrolladas potencian el valor creativo de las disrupciones acontecidas, y ello posibilita un claro acercamiento a soluciones formales, espaciales y tecnológicas innovadoras.

Pliegues, despliegues y repliegues

Unfolding architecture = Modelado vectorial 3D + Unfolding + Folding

El proceso experimentado en los primeros workshops (más de 300 trabajos entre 2006 y 2010 basados en una estricta economía de recursos) se basaba en la potencialidad sugerida por las acciones geométricas que derivaban del despliegue, pliegue y repliegue de los modelos vectoriales 3D (a) y una migración de medios (análogo-digital) estratégicamente planificada dentro de las mismas acciones. En los primeros despliegues (b) se redescubre la geometría ampliando las capacidades de exploración y experimentación de la forma a nuevas dimensiones espaciales permitiendo procesos más abiertos para el abordaje

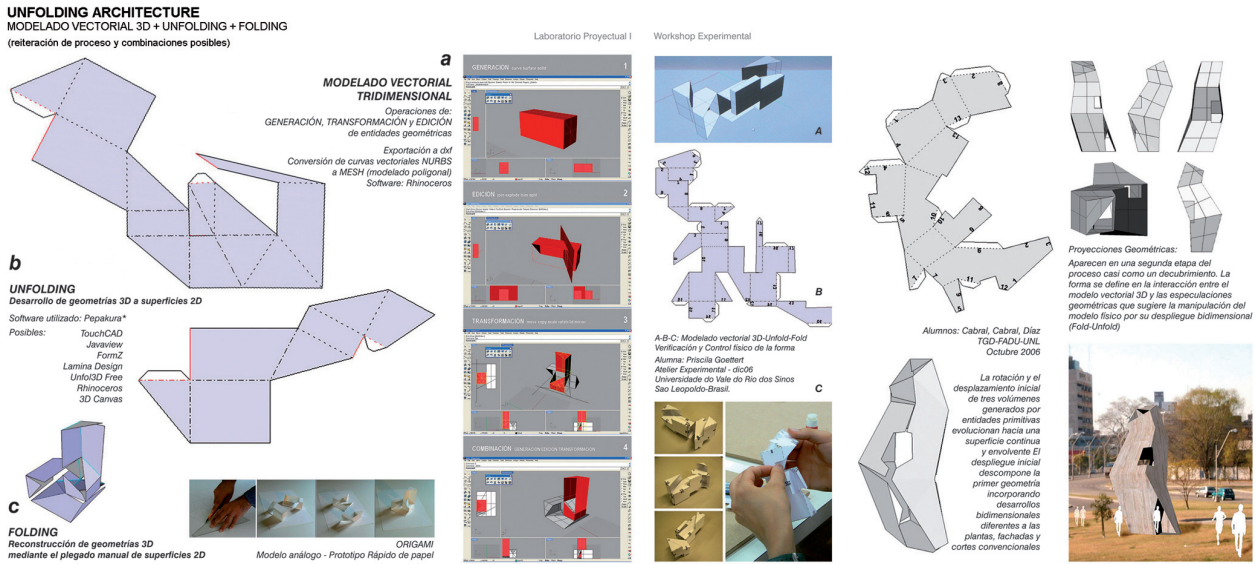


Figura 5. Proceso iniciado por el despliegue bidimensional de un modelo vectorial 3D. Reiteración del mismo y combinaciones posibles.

Figure 5. Process initiated by the two-dimensional unfold of a 3D vectorial model. Reiteration and possible combinations.

de geometrías complejas. El Pliegue manual (c) permite la recomposición espacial de la forma y con ella la recuperación física de la información procesual (prototipos rápidos de papel-origami). Es así como se inicia una experiencia de indagación espacial en la cual se evita sobrecribir los archivos digitales generando una base de datos física de consulta que evita la linealidad inducida por los procesos de diseño exclusivamente digitales. La incorporación de definiciones espaciales por proporciones geométricas contribuye a prescindir del pensamiento escalar métrico que inducen los programas de modelado vectorial 3D enriqueciendo el *brainstorming* de las primeras instancias creativas. Operar momentáneamente solo con proporciones espaciales facilita la exploración que alude a relaciones casi topológicas (relaciones de continuidades-discontinuidades con falta de precisión métrica) induciendo a procesos, resultados y ambientes de trabajo más acordes a las situaciones azarosas y de no-linealidad buscadas, donde lo imprevisto y lo indeterminado constituyen descubrimientos potenciales antes que obstáculos o dispersiones en la resolución de problemas espaciales. La imprevisibilidad de la Imagen Digital actúa como *brainstorming* de situaciones alejadas de nuestra memoria inmediata, como así también de: formas, paradigmas y referentes introducidos en la temprana formación universitaria. Evitar la imposición racionalizada de una idea formal preexistente abriendo el juego geométrico de lo imprevisto en las primeras instancias del proyecto (a través de la imprevisibilidad de una imagen geométrica bidimensional como resultado del despliegue espacial de una realidad tridimensional) ha sido la principal fuente de enriquecimiento de las inhibidas especulaciones proyec-

tuales que se han experimentado a través de una didáctica proyectual sustentada en la revisión y re-semantización de instrumentos de ideación existentes.

Composiciones plegadas (envolventes) = Soporte Rígido 2D + Patrones Generativos + Acciones

Atendiendo a las diferentes experiencias desarrolladas en los últimos años (Unfolding Architecture) y con el nuevo objetivo de obtener convergencias y síntesis de ideas proyectuales que permitan desarrollos posteriores confiables de los procesos iniciados para realizar abordajes constructivos, la presente investigación (FONDECYT N° 3110025, UBB-Chile) ha continuado trabajando sobre Composiciones Plegadas a través de la incorporación del Diseño Paramétrico (patrones generativos y simulación dinámica 3D) y Fabricación Digital. Se han explorado y sistematizado experiencias de Pliegues (procesos de diseño y materialización) a través de: Envolventes Continuas (superficies flexibles y/o rígidas); Componentes Paramétricos (moldes y/o piezas) y Cintas Entrelazadas (segmentos curvados y/o quebrados).

Para el abordaje de Composiciones Plegadas generadas por envolventes continuas, se propone iniciar el proceso desde un soporte rígido bidimensional en el que se inscriben patrones paramétricos (regulares o irregulares) y acciones de pliegue (movimientos, giros, abatimientos, rotaciones, desplazamientos). La generación de patrones regulares con definición no aleatoria de aristas cóncavas y convexas desde Grasshopper (GHX) se inicia a partir de la determinación

COMPOSICIONES PLEGADAS =
SOPORTE RÍGIDO PLANO + PATRONES GENERATIVOS + ACCIONES

Grasshopper - Rhinoceros - FreeForm

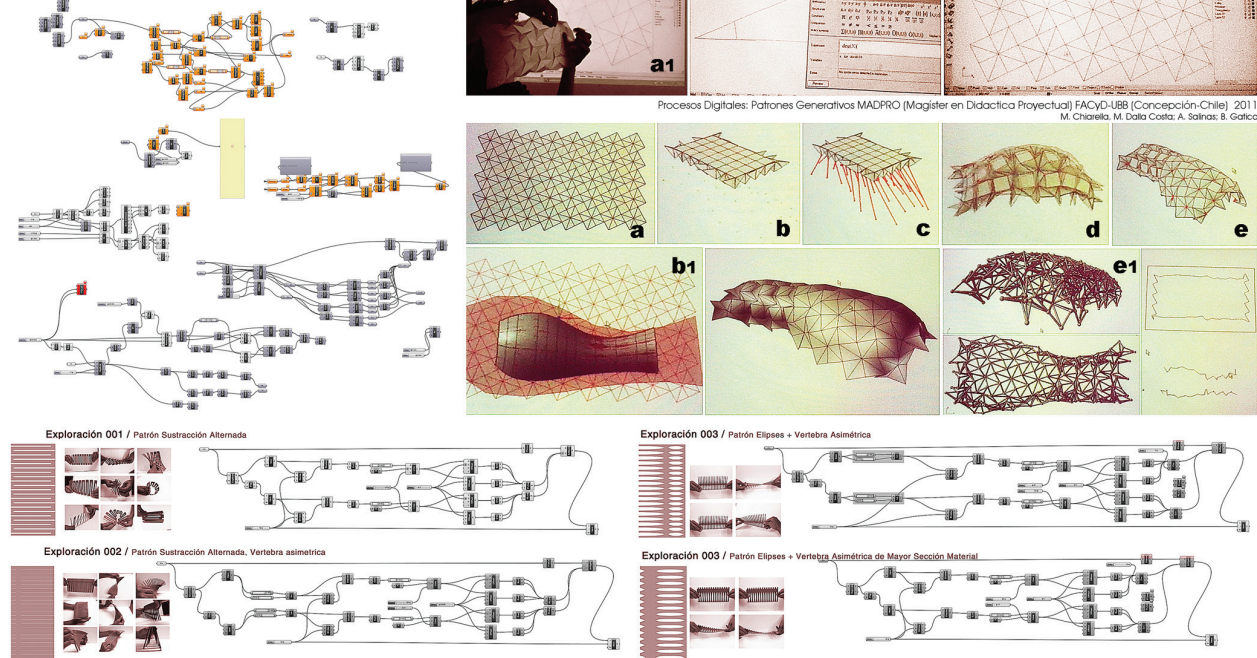


Figura 6. Proceso iniciado por la generación de patrones geométricos en soporte rígido bidimensional. Acciones de pliegue: movimientos, giros, rotaciones y desplazamientos.

Figure 6. Process initiated by the generation of geometric patterns in two-dimensional rigid plane. Fold actions: movements, turns, rotations and displacements.

de un módulo regular base (iniciado y verificado en forma análoga, a1) el que será parametrizado (a) para importar al soft Freeform Origami (Tachi, 2010) y en el que se simulará el pliegue tridimensional de la trama (b). Una vez definida la trama con patrones geométricos regulares a utilizar (según las premisas particulares del proyecto), se genera una malla poligonal (Rhinoceros, b1) con datos métricos y espaciales del contexto de aplicación, coincidente con las articulaciones de los pliegues estudiados. Desde la misma se obtiene una malla de puntos espaciales que se importará al soft de simulación de pliegue 3D (Freeform, c) para adaptar el modelo genérico 3D plegado, hacia la nueva volumetría y posición espacial deseada (c, d, e). Esta operación (stretchy: c, d, e) se genera desplegando y plegando progresivamente las diferentes articulaciones de cada módulo regular hacia la nube de puntos hasta encontrarse con la tensión deseada (estirando y soltando el modelo 3D) evitando, de esta manera, deformar la superficie del material original. La adaptación de un patrón geométrico regular plegado a cualquier superficie irregular particular nos posibilita integrar modelos geométricos abstractos a situaciones proyectuales concretas (e1). Las fórmulas, como sistema de parámetros y componentes vinculados y relacionados, se incorporan desde el inicio como estrategia paramétrica en el proceso de diseño, posibilitando soluciones dinámicas y adaptables a situaciones proyectuales diversas.

Composiciones plegadas (componentes)
= Modelado Vectorial 3D + Unfolding +
Parametrización

Para el abordaje de Composiciones Plegadas generadas por componentes, se propone iniciar el proceso desde la definición de envolventes geométricas regladas (modelado vectorial 3D) realizando el despliegue bidimensional de la misma (Pepakura, Rhinoceros). Sobre el unfolding se dibuja una trama, se diseña un componente perforado y mediante una fórmula paramétrica desarrollada *ad hoc* (Grasshopper) se insertan los componentes en la trama, adaptándose a la superficie desplegada y al modelo tridimensional. Una vez realizada la distribución y adaptación de los componentes se incorporan atractores según variables contextuales o climáticas para regular su apertura u opacidad. La estrategia proyectual supone la definición y estructuración espacial-constructiva desde la sumatoria de componentes articulados (a través de su distribución por patrones y tramas), la definición posterior de sistemas de unión-ensamblaje y la construcción final por fabricación digital (CNC y cortadora láser).

La idea de componentes paramétricos implica una construcción variable (sujeta a relaciones activas) que permite dejar en suspenso momentáneamente la definición estática de elemento arquitectónico en la que se ha



Mauro Chiarella, Braulio Gatica, Luis García (UNL-UBB)
Pablo Silva, Pablo Barria, Carlos Casto (UTFSM)

Figura 7. Composiciones plegadas. Espacios, superficies y componentes. TME030-UTFSM (Valparaíso, Chile, 2011).
Figure 7. Folded compositions. Spaces, surfaces and components. TME030-UTFSM (Valparaíso, Chile, 2011).



Figura 8. Distribución de componentes plegados tridimensionales sobre patrón geométrico inscrito en envoltorio desplegada (Pepakura, Rhino + Grasshopper).
Figure 8. Distribution of 3D fold components on the geometric pattern inscribed on unfolded surface (Pepakura, Rhino + Grasshopper).

fundamentado históricamente la disciplina arquitectónica. El componente es parte y todo a la vez, a diferencia del elemento que alude a su singularidad como característica fundamental. De elemento a componente: el concepto “componente paramétrico” se incorpora como un nuevo instrumento proyectual a través de una visión integradora y estratégica para obtener capacidades ampliadas, en la construcción de los sistemas complejos que intervienen en el acto de proyectar arquitectura.

En la didáctica proyectual propuesta en el TME 030 (Taller de Modelado Espacial) UTFSM, logramos que los alumnos tengan un amplio recorrido por diversos instrumentos proyectuales. Es así como han pasado del modelado vectorial al espacio físico (maqueta de papel y dibujo en

lápiz) y del espacio analógico al trabajo paramétrico y construcción CAD-CAM (corte láser en las maquetas a escala 1:10; CNC para la construcción posterior a escala 1:1). El proceso fue sostenido desde las propiedades espaciales y materiales de las composiciones plegadas y la experiencia valoró los procesos por sobre los resultados en un trabajo colaborativo donde diferentes desarrollos generados por un grupo de alumnos han sido retomados por otros grupos en una etapa de evolución diferente.

Conclusiones

Explorar las propiedades espaciales y materiales que surgen de las composiciones plegadas en Arquitectura

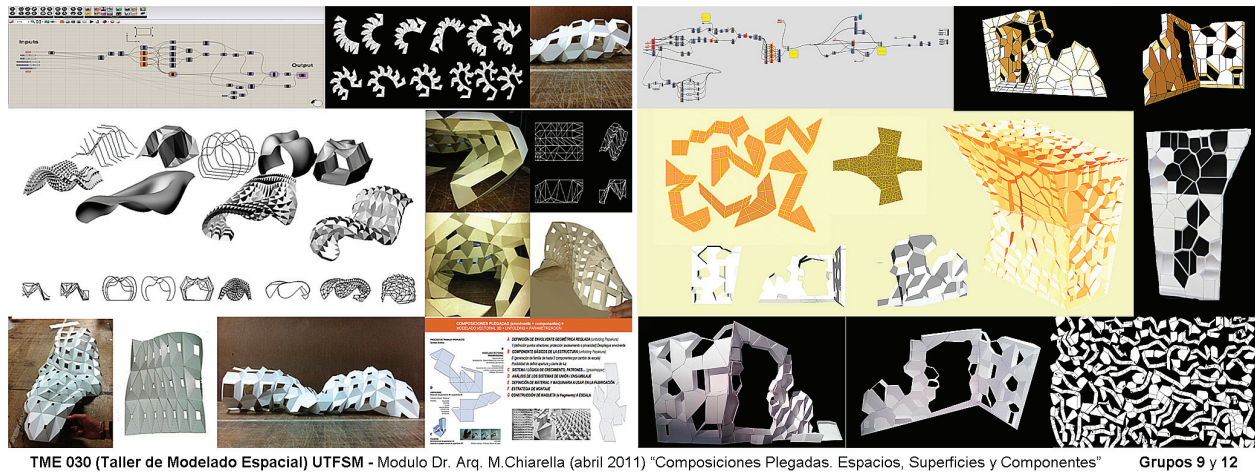


Figura 9. Construcción de componentes por fabricación digital (CNC y cortadora láser). Escala 1:10.

Figure 9. Construction of components for digital manufacturing (CNC and laser cutting). Scale 1:10.

nos posibilita repensar con creatividad métodos e instrumentos de ideación y desplazarnos precisamente de la autonomía y cierto determinismo histórico de la gráfica arquitectónica (Geometría Descriptiva y Perspectiva), la que ha estado durante años orientada a un obsesivo control casi estilístico del objeto diseñado y estructurada mayormente bajo los cánones heredados de la geometría clásica. En los últimos *workshops* (MADPRO-UBB; TME030-UTFSM; WS1-Concepción 2011) hemos podido verificar como el pliegue otorga una relación geométrica entre la configuración superficial y volumétrica de los proyectos arquitectónicos, permitiendo una vinculación matemática y operativa entre condiciones productivas y perceptuales, las que permiten profundizar sobre propiedades cuantitativas y cualitativas de los mismos. Los procedimientos matemáticos, utilidades de software (Demaine, 2001), actividades proyectuales (Vysivoti, 2008) y desarrollos constructivos (Tachi, 2009) pueden ser enlazados para esclarecer procedimientos de trabajo, con propiedades específicas vinculadas de esta línea arquitectónica fuertemente trabajada en la última década.

Los procesos de pliegue y despliegue, formalizados digitalmente, permiten controlar las geometrías y acciones involucradas, revisando su desempeño expresivo y espacial. Las condiciones de continuidad y variación otorgadas por las operaciones de plegado generan una articulación del volumen arquitectónico y del espacio interior que posibilita nuevas sensibilidades a la cultura contemporánea. La expresión material de estas configuraciones experimentadas en los modelos ejecutados en los últimos talleres realizados revela la capacidad de controlar los procesos y revisar físicamente su desarrollo espacial. Aunque esta acción también revela limitaciones de magnitud, materialidad y restricciones constructivas, que condicionan los modelos ejecutados, establece una importante vinculación

entre la conceptualización formal, la operación geométrica digital, su elaboración material y revisión sensible, de manera análoga al proceso de proyecto, ejecución y vivencia de la obra arquitectónica, sugiriendo relevantes potencialidades didácticas y pedagógicas para proyectarse en el trabajo profesional. En síntesis, las capacidades formales demostradas, implementadas digitalmente en una didáctica proyectual exploratoria, han permitido experimentar nuevas configuraciones arquitectónicas, desarrollando posibilidades espaciales y materiales que poseen relevantes implicancias metodológicas, cognitivas, instrumentales y tecnológicas para la disciplina. La investigación seguirá desarrollándose profundizando sobre la materialidad y la percepción sensible de los ejercicios realizados, incorporando recursos de realidad aumentada para la docencia arquitectónica (Redondo, 2010), a fin de evaluar y dimensionar el alcance y proyección de las experiencias realizadas.

Agradecimientos

A los profesores: Maria Elena Tosello (UNL), Underlea Bruscatto (UNISINOS), Rodrigo García Alvarado (UBB), Carmen Aroztegui (UFMG), Luis Felipe González y Pablo Silva (UTFSM); Gonçalo Castro Henriquez y Ernesto Bueno (X-Ref)

A los docentes: Matías Dalla Costa, Georgina Bredanini, Guillermo Mántaras (UNL); Pablo Barría y Carlos Castro (UTFSM). A los Instructores: Francisco Calvo y Katherine Cáceres (Dum-Dum Lab).

A los alumnos: Braulio Gatica y Alexis Salinas (FACyD-UBB), Francisco Quitral (UTFSM), Martín Veizaga y Luciana Gronda (FADU-UNL), al Doctorando Arq. Luis García (UBB; ETSAB-UPC) y a la Arq. Cecilia Zorzón (UNL).

Becarios, ayudantes y alumnos de: CAI+D09-Chiarella 12/A002-PACT: Nuevas Tecnologías. Diseño, Proyección y Cultura Virtual (CID-FADU), Maestría en Arquitectura, TGD (Taller de Gráfica Digital) FADU-UNL, Santa Fe, Argentina. TME 030 (Taller de Modelado Espacial) UTFSM, Valparaíso-Chile. MADPRO (Magister en Didáctica Proyectual) y Postdoctorado FONDECYT N° 3110025, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.

Referencias

- CHIARELLA, M. 2009. *Unfolding Architecture. Laboratorio de Representación e Ideación (medios analógicos y digitales)*. Barcelona, España. Tesis Doctoral. EGAI-ETSAB-UPC, 318 p.
- CHIARELLA, M. 2004. *La obra Gráfica-Proyectual del Arq. Enric Miralles. Una Re-semantización de los sistemas de representación convencionales*. In: I CONGRESO INTERNACIONAL Y III NACIONAL SEMA (SOCIEDAD DE ESTUDIOS MORFOLÓGICOS DE LA ARGENTINA). UNL, Santa Fe, 2004. *Anais...* Santa Fé, CD-Rom.
- CHIARELLA, M. 2005. *Parametric Surfaces And Architecture. Concepts, Design, and Production*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CAADRIA (COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA), 10, Digital Opportunities, New Delhi. *Anais...* New Dehli, 2:496-502
- DELEUZE, G. 1989. *El Pliegue: Leibniz y el Barroco*. Barcelona, Paidós, 177 p.
- DE KERCKHOVE, D. 1999. *La Piel de la Cultura*. Barcelona, Ed. Gedisa, 254 p.
- DEMAINE, E. 2001. *Folding and Unfolding*. Waterloo, Canada. Doctoral Thesis. University of Waterloo, 97 p.
- DOBERTI, R. 2004. *The Construction of Geometry. The Geometry of the Construction*. *Journal of Mathematics & Design*, 4(1).
- MANOVICH, L. 2001. *The Language of New Media*, Cambridge, MIT Press, 394 p.
- PISCITELLI, A. 2005. *Internet la imprenta del SXXI*. Barcelona, Ed. Gedisa SA., 192 p.
- REDONDO, E. 2010. Un caso de estudio de investigación aplicada: la recuperación de la trama viaria del barrio judío de Girona mediante realidad aumentada. *Revista EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 16:70-81.
- STAKE, R. E. 1995. *Investigación con estudio de casos*. Madrid, Ed. Morata, 314 p.
- TACHI, T. 2010. *Freeform Rigid-Foldable Structure Using Bidirectionally Flat-Foldable Planar Quadrilateral Mesh*. *Advances in Architectural Geometry*, 14(2):203-215.
- TACHI, T. 2009. *Generalization of Rigid Foldable Quadrilateral Mesh Origami*. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 50(3):173-179.
- VYSIVOTI, S. 2008. *Folding Architecture*. Amsterdam, BIS Publishers, 143 p.

Submetido: 27/03/2011

Aceito: 05/05/2011