

Construcciones Digitales / Digital Constructions

Carlos Erebitis Gallardo / Universidad de Concepción, Chile / carloserebitis@udec.cl / www.lcfaug.udec.cl / **Rodrigo Garcia Alvarado** / Universidad del Bío-Bío, Chile / rgarcia@ubiobio.cl / www.ubiobio.cl

Abstract *Abstract. Nowadays construction of industrial buildings has been intensively automated using numeric-control machines, with lower costs and shorter ranges of production, but these advantages have not been transferred to general architecture. In order to promote architectural alternatives, this paper identified digital modeling techniques targeted to automated constructive systems. The procedures defined are cutting boards, folded volumes, diverse repetition, shipped solids, subtractive mass, volumetric meshes and curved frames, besides a general procedure of development. These techniques demonstrated a closer relationship between design and material execution, and suggest innovative and efficient building possibilities.*

Introducción Actualmente la ejecución de los edificios industriales y comerciales de gran envergadura se ha automatizado significativamente. Utilizando máquinas de control numérico, especialmente para el cortado de planchas en acero, maderas elaboradas u moldes de hormigón pre/post-tensado que componen piezas estructurales, uniones y elementos menores. Estos procedimientos han permitido mejorar precisión, reducir costos, y mas que nada, acortar plazos de ejecución, logrando realizar las estructuras de grandes edificios en un par de semanas (Edyce, 2007). Estas reducciones de tiempo son cruciales en los proyectos industriales y comerciales que poseen gastos financieros e ingresos operacionales que superan los costos de ejecución. Por esta razón en muchos países (incluyendo en nuestro caso, Chile), todo este sector de la edificación se ha automatizado, incrementando su capacidad de implementación, adecuación a las necesidades y productividad general.

Los diseños son elaborados digitalmente de acuerdo a las condiciones de fabricación, definiendo un detallamiento de piezas y conexiones (principalmente apernadas para facilitar el montaje posterior), y luego una optimización del uso de materiales y secuencias de trabajo. Es decir, sin utilizar planos tradicionales de construcción, sino trazados y ordenes de fabricación que se intercambian directamente con las maquinas. En estas edificaciones las propuestas arquitectónicas quedan relegadas a volúmenes iniciales sencillos, mas que nada por desconocimiento de los procesos y posibilidades.

Tampoco estas capacidades y ventajas de ejecución han sido incorporadas en la arquitectura residencial o pública, que conservan procedimientos extensos y artesanales (Martínez, 1992).

La utilización de máquinas de fabricación automatizada en proyectos arquitectónicos ha comenzado en grandes oficinas para elaborar maquetas de obras sofisticadas o explorando posibilidades formales en oficinas mas pequeñas e innovadoras, pero marginales (Stacey, 2004). Paralelamente se han comenzado a realizar experiencias académicas que han demostrado posibilidades en diferentes tipos de proyectos, pero también la necesidad de adecuarlas a las maquinas y materiales disponibles. Se ha planteando también una amplia reformulación de la industria de la construcción a partir de estos medios de automatización, vinculándolas a nuevos procesos de diseño y sistemas de manufactura flexible (Kieran y Timberlake, 2004).

Una de las experiencias mas completas ha sido un sistema constructivo para viviendas (Sass y Botha, 2006), basado en una gramática de diseño con placas de madera que se cortan y montan por encaje, demostrando flexibilidad en una aplicación real, con algunos ejemplos construidos a escalas próximas al natural. Aunque las variaciones de diseño corresponden a alternativas formales mas que topologías habitacionales, y el procedimiento de conexión y método constructivo es difícilmente aplicable.



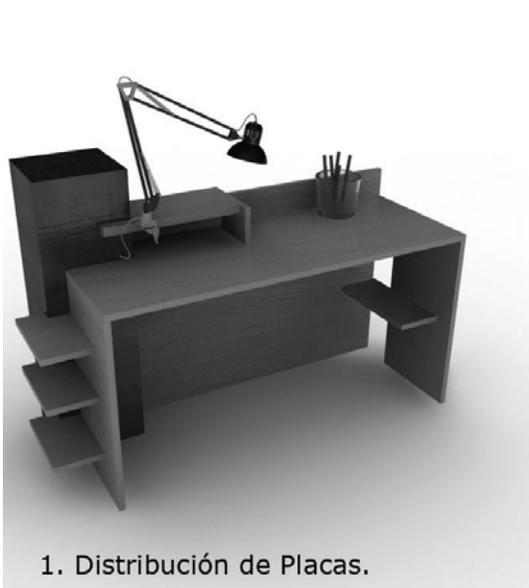
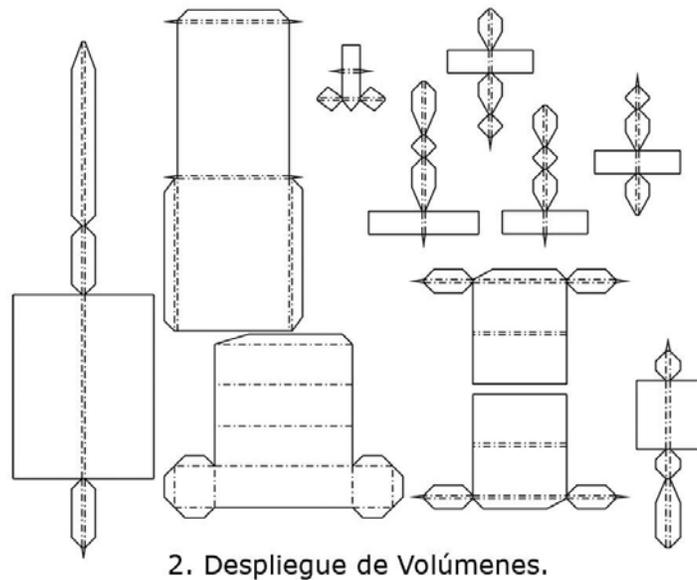


Figura 1 Distribución de Placas.



Una conceptualización general de estas posibilidades tecnológicas ha sido planteada recientemente por Garber y Jabi (2006), focalizando sus aportes en el control y colaboración en el proceso de diseño y ejecución, con seis aproximaciones generales según la relación entre el software y hardware. También se han levantado algunas discusiones éticas sobre la aplicación de fabricación digital en arquitectura, que tienen que ver con la fascinación tecnológica, que siempre ha sido discutida en las exploraciones académicas, como con las restricciones técnicas y distorsiones proyectuales que puedan suscitar las maquinarias y procesos de industrialización. Aunque otros investigadores plantean que estas capacidades implican un cambio en el proceso de producción arquitectónica (Male-Aleman y Sousa, 2003), proponiendo un modo de integración basado en ambientes paramétricos asociativos. En este sentido, se ha sugerido también reformular conceptualmente la enseñanza del diseño arquitectónico para abordar la fabricación digital, sin utilizar necesariamente máquinas sofisticadas, sino desarrollando metodologías para incorporar la noción de masificación variable en el proyecto (Kendir, 2006). Así mismo algunos de los investigadores que han trabajado largamente con estas tecnologías (Lim, 2006), al comparar las características técnicas de las distintas máquinas, plantean cambios en

los conceptos de diseño y distintas estrategias de trabajo, aunque no especifican sus características. De modo, que en general se han demostrado posibilidades y sugerido implicancias, pero no se han establecido estrategias efectivas de trabajo, las que deben estar vinculadas a las maquinarias disponibles y a los sistemas constructivos utilizados, definiendo nuevos procedimientos de diseño. Por esta razón estamos explorando aproximaciones específicas de modelación digital que puedan conducir a sistemas automatizados de construcción, y sostener por tanto un diseño arquitectónico vinculado a estas posibilidades productivas.

Técnicas Distribución de Placas. (Figura 1)

Modelación con bloques planos de espesor similar y superficie variable (en trazados ortogonales o curvos), preferentemente ensambladas entre sí, para diseñar mobiliario o elementos constructivos singulares con placas de madera reconstituida, plástico o acero. Después de componer la modelación los bloques se esparcen en cada vista frontal (planta, elevaciones), luego alinean en un mismo plano profundidad, se giran todas a un mismo sentido y se distribuyen sobre marcos rectangulares dimensionados según las placas disponibles comercial-



4. Sólidos Seccionados.

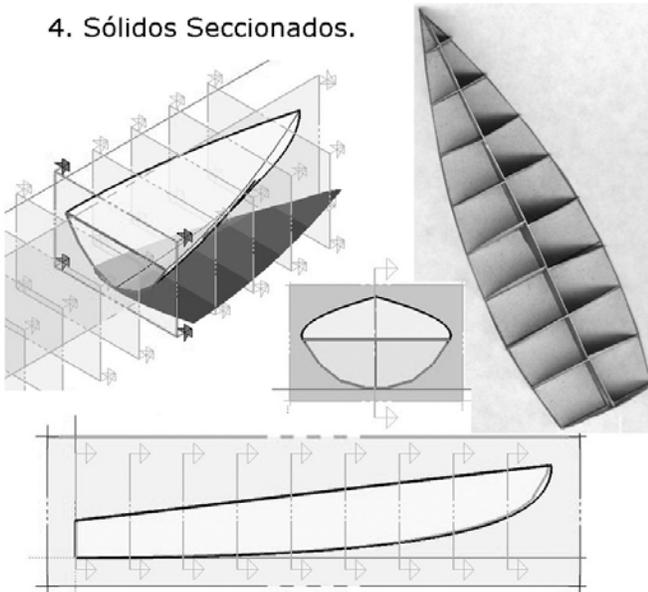
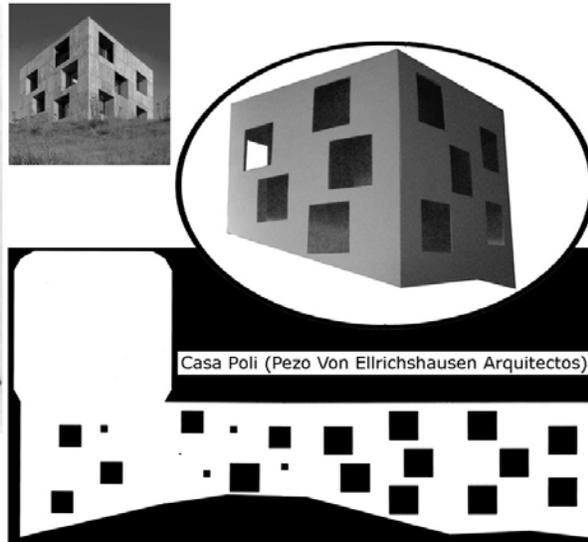


Figura 2 Sólidos Seccionados.

mente. De este modo se pueden distribuir los elementos en las placas, optimizando su ocupación y revisando posibilidades de diseño (y eventualmente, retornando a la modelación tridimensional). El trazado bidimensional de las placas puede ser exportado y transferido a mesas de corte automático (routers), en que se puede incluir también perforaciones o rebajes decorativos.

Despliegue de Volúmenes (Figura 1)

Desarrollo de volúmenes unitarios versátiles (preferentemente de caras limitadas y continuas) a partir de la deformación de sólidos o la conexión de líneas o planos, que se exportan a utilidades de despliegue (ejemplo: software Pepakura). Los cuales permiten ordenar las superficies en un plano bidimensional de medidas determinadas, interactuando con el volumen tridimensional y modificando la distribución de superficies para optimizar la utilización de material y su ejecución. Posteriormente se puede transferir el trazado a mesa de corte de placas o plegadoras automáticas. También se pueden exportar aristas para definir estructuras soportantes lineales. Puede ser aplicado para diseñar volúmenes generales de edificación o elementos menores (Chiarella, 2005).



5. Masas Sustractivas.

Repetición Variable

Modelación de bloques longitudinales (ocasionalmente curvos), con repetición lineal, bidimensional, tridimensional o radial, con traslación, rotación o modificación de longitud, en dos o tres secuencias, con soportes modulares. Para el diseño de reticulados estructurales o decorativos a partir de listones de madera, tubos plásticos, tiras metálicas, etc. Se puede explorar el diseño y obtener una cuantificación general de elementos y longitudes, que permite cálculo y corte automático de piezas. Se puede programar la repetición o vincular los elementos para probar distintas magnitudes, formas o tratamientos de las piezas.

Sólidos Seccionados (Figura 2)

Volúmenes singulares compactos (primitivas unificadas, deformaciones o superficies de trazos lineales), que se seccionan repetidamente en el sentido mas corto (transversal), y al menos un longitudinal. Obteniendo perfiles de quilla y aletas, las cuales se exportan como polígonos y se distribuyen en placas de corte o prototipado rápido. Aplicable para el diseño general de un edificio o elementos menores, como volumen de prueba o ejecución compacta (también se pueden perforar circulaciones o recintos).



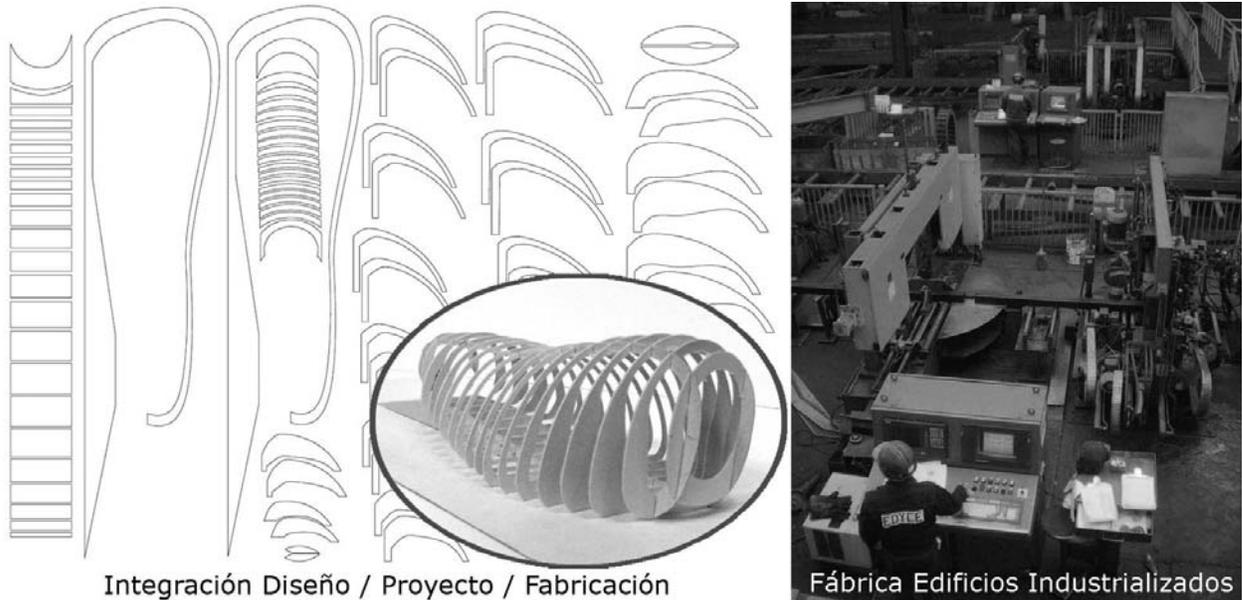


Figura 3

Masas Sustractivas (Figura 2) Generación de volúmenes mayores rebajados con partes sustraídas en operaciones booleanas, efectuando luego proyecciones planas (secciones o elevaciones) de las caras principales para obtener planos de moldaje. Los cuales se distribuyen en marcos de placas comerciales para corte y ensamblado. Permitiendo la conformación de estructuras de moldeado para relleno de masas (hormigón o plástico). Tanto para muros como elementos parciales del edificio, o volumetrías generales experimentadas en vaciados a escala de yeso o materiales similares.

Mallas Modelación de formas tridimensionales orgánicas, a partir de la deformación de volúmenes básicos o superficies curvas, en que se definen las caras constituyentes en tramas regulares y se convierten las aristas en elementos volumétricos. Conformando estructuras reticulares de espesor y conexión variable que se pueden reproducir en mallas de componentes cortados o volúmenes completos de prototipado rápido.

Marcos (Figura 3) Seccionado repetido de volúmenes cóncavos o compuestos de volúmenes generales con sustracción, generando marcos transversales y lon-

gitudinales, que permiten obtener estructuras principales y elementos de arriostramiento. Los perfiles de marcos y piezas menores pueden distribuirse en trazados de placas comerciales para corte automático.

El procedimiento general de trabajo en cada técnica considera la modelación global del elemento o volumen proyectado (que puede desarrollarse además en una representación realista), elaborando una modulación o tramado en sentido transversal y longitudinal de acuerdo a dimensiones estructurales principales. Luego se efectúa el desglose de elementos optimizando en cantidad y magnitud de las piezas (descartando muchos elementos o muy pequeños), determinando el soporte, conexión o ensamble de piezas (que puede implicar definir nuevos elementos o trazados adicionales), incluyendo el ordenamiento y numeración de elementos para su posterior montaje. Luego se debe optimizar también la ejecución según el proceso de fabricación correspondiente, transferencia de archivos, materiales y tolerancias utilizadas. El montaje también debe recurrir a ciertas actividades de conformación auxiliar (bases, soportes o conectores) y general (trazados, transporte, etc.)



Conclusión Estas técnicas de diseño digital demuestran una relación relevante con sistemas constructivos automatizados (Figura 3). Definiendo procedimientos de modelación, optimización y ejecución de formas que podrían utilizar equipamiento de control numérico (CNC), que esta siendo crecientemente implementado en la industria de la edificación. Sugiriendo además diversas posibilidades arquitectónicas y ventajas constructivas, pero mas que nada estableciendo una vinculación entre las actividades de diseño y materialización de la obra, que permitan abordar mas efectiva y creativamente las necesidades sociales de edificación.

Referencias Chiarella, Mauro, 2005, *Parametric Surfaces And Architecture: Concepts, Design, and Production*, CAADRIA 2005 New Delhi (India) 28-30 April 2005, vol. 2, pp. 496-502 / Garber, Richard y Jabi, Wassim, 2006, *Control and Collaboration: digital fabrication in academia and practice*, International Journal of Architectural Computing,

Vol 4, N°2, pp 121-143. / Kendir, Elif, 2006, *Pre-a-Construire. An Educational Inquiry into Computer Aided Fabrication*, en Libro de Ponencias Sigradi 2006, U. de Chile, Santiago, pp.162-165. / Kieran, Stephen y Timberlake, James, 2004, *Refabricating Architecture, How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction*, Ed. McGraw-Hill, New York / Lim, Chor-Kheng, 2006, *Towards a Framework for Digital Design Process*, en Proceedings of CAADRIA-2006, Kumamoto, Japón, 2006, pp. 245-252 / Male-Aleman, Marta y Sousa, José Pedro, 2003, *Hyper 'D-M Process, Emerging Conditions for Digital Design and Manufacturing in Architecture*, en Proceedings of ECAADE-21, Graz, 2003, pp. 343-346 / Martínez Corbella, Carlos, 1992, *Concepción arquitectónica y la industrialización : teoría general*. Universidad de Valparaíso, Valparaíso / Saas, Lawrence and Botha, Marcel, 2006, *The Instant House: a Model of Design Production with Digital Fabrication*, International Journal of Architectural Computing, Vol 4, N°4, pp 109-123, Multiscience, Londres. / Stacey, Michael, 2004, *Digital Fabricators*, University of Waterloo School of Architecture Press, Canada, <http://www.edyce.cl/>

Keywords: *Digital Fabrication; Industrial Building; 3D-modeling; Architectural Design.*

