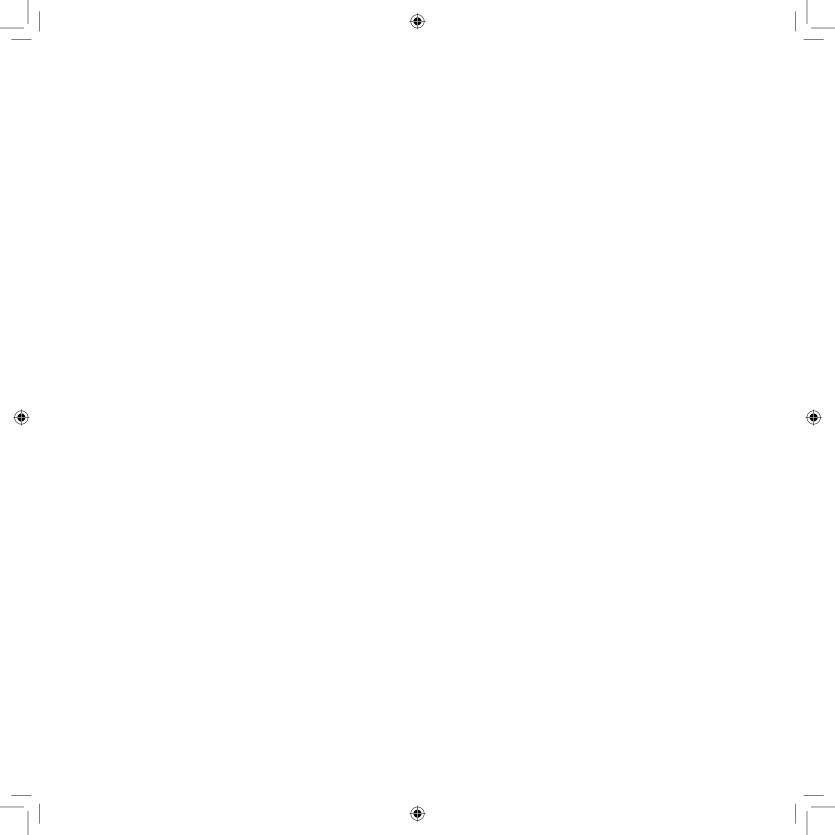




Fabricación digital, tecnologías y cultura libres







La publicación está dedicada al profesor Félix Escrig, fundador del *Centro de Cálculo* de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, *in memoriam*.

José Pérez de Lama, particularmente, se la dedica a sus ahijados y sobrinos Antonio Alvear y Blanca González de Boado.









El presente libro se distribuye con licencia *Creative* 

Commons Reconocimiento

Compartir Igual 3.0

[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/]

- © 2014, Escuela Técnica Superior de Arquitectura
- © 2014, los editores, José Pérez de Lama Halcón, Antonio
- J. Lara Bocanegra, Narciso J. Vázquez Carretero
- © 2014, de los textos, l\*s autor\*s

#### [título]

Yes, We Are Open!

Fabricación digital, tecnologías y cultura libres

#### [editores]

José Pérez de Lama Halcón

Antonio J. Lara Bocanegra

Narciso J. Vázquez Carretero

#### [edición]

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Universidad de Sevilla

Avda. Reina Mercedes, 2,

41012 Sevilla

http://www.etsa.us.es

RU Books

Edificio Rubén Dario 1.

Calle Graham Bell, 5,

41010 Sevilla

http://editorial.recolectoresurbanos.com/

#### [fecha de publicación]

2014

#### [I.S.B.N]

978-84-941838-2-9

[depósito legal]

SE 428-2014

#### [diseño y maquetación]

Alejandro González [wwb.cc].

Fab Lab Sevilla, con Kevin O'Brien.

#### [impresión]

Escandón Impresores



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA









# Yes, We Are Open!

Fabricación digital, tecnologías y cultura libres

Fab Lab Sevilla Escuela Ténica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla

#### Editores

José Pérez de Lama Halcón Antonio J. Lara Bocanegra Narciso J. Vázquez Carretero







•



 $\bigoplus$ 



#### índice

#### Introducción

Prefacio: Fab City, Año I Tomás Díez	
Yes We Are Open Fabricación digital, arquitectura, cultura y tecnologías libres José Pérez de Lama + Narciso J. Vázquez Carretero	21
Fab Labs y makerspaces	
Reflexiones en ruta de un nómada de los Fab Labs Jens Dyvik	29
Diez pensamientos sobre fabricación digital y producción colaborativa Jens Dyvik	36
TheDrone David Pello González	39
Fab Lab León Yes We Are Open! Fabricación digital, tecnologías y cultura libres Nuria Robles + Cesáreo González	45
Makespace Madrid, un espacio de fabricación digital comunitario	51
Fabricación digital, Sur y Crisis. Esbozos para modelizar el análisis de un Fab Lab Juan José Olmo + José M. Sánchez Laulhé + Belén Barrigón	59
FabTeletransportation - un proyecto de Open Design Heloísa Neves	65
Entrevista con Emmanuel Gilloz, creador de FoldaRap Heloísa Neves	75
Investigación en geometría, arquitectura y diseño computacional	
Las maquetas de estructuras desplegables de aspas José Sánchez Sánchez + Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe	83
CODA (Computational Design Affairs) Enrique Soriano + Pep Tornabell	91
Estructuras de madera. Procesos de génesis. Diseño computacional y fabricación digital Antonio J. Lara Bocanegra + Antonio Roig Vena + Ismael Domínguez Sánchez de la Blanca	99







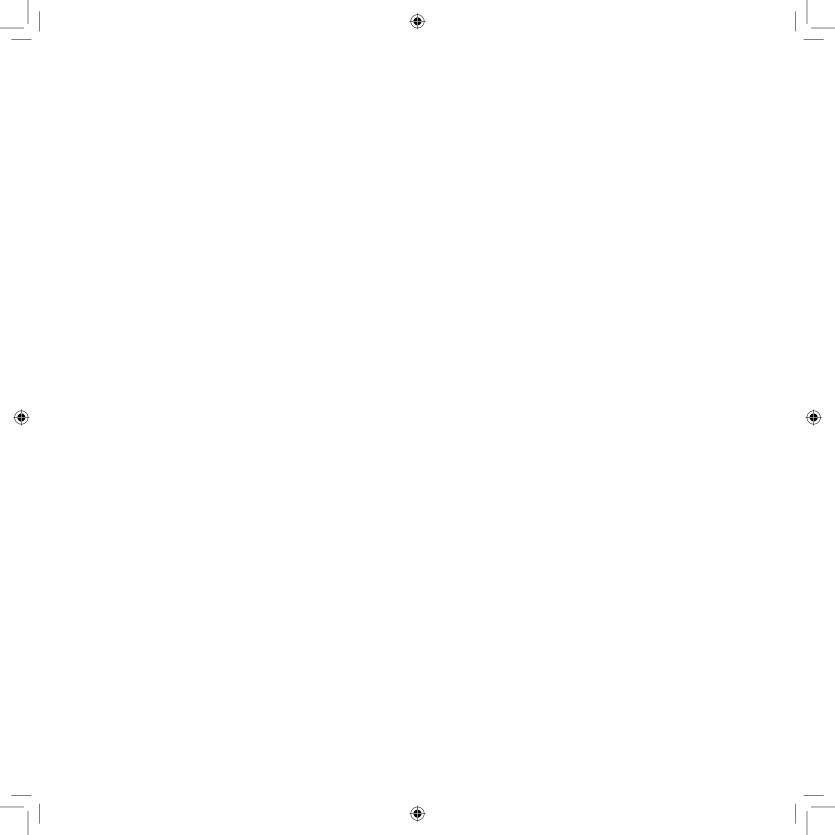




Eficiencia energética y pieles inteligentes.  Diseño paramétrico y fabricación digital de una Piel Bioclimática Reactiva  Rafael Urquiza + Isidro Ladrón de Guevara	115
Los Polipiedros Sevillanos Antonio Sáseta	129
Dónde las grandes compañías (aún) no llegan	137
Teoría y crítica	
Producción digital y economía de talleres	145
Emancipatory technologies in architecture and computation. From PCs to Personal Fabrication	153
Data Fab Lab SVQ 2011-2013	
Timeline Fab Lab Sevilla 2011-2013	
Equipo y colaboradores Fab Lab Sevilla 2012-2013	171
Visioramas	
visiorama 0	12
visiorama 1	164
visiorama 2	
visiorama 3	
visiorama 4	174

Fotografías de Camila R. Maggi y colaborador\*s vari\*s Fab Lab Sevilla

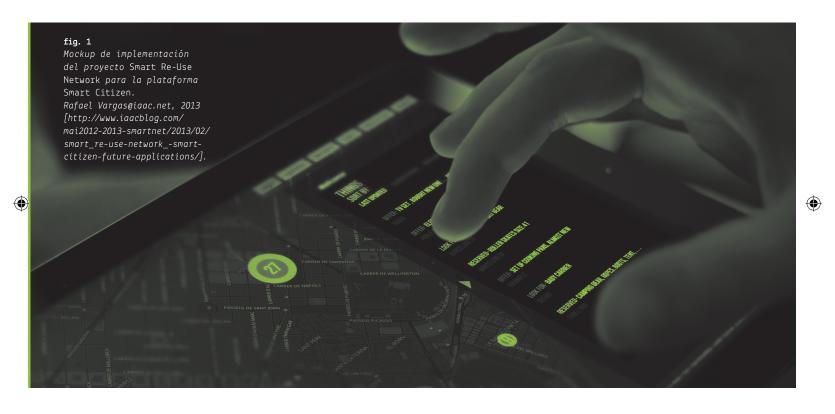
















## Fab City, año I

Las naciones tienen una granularidad mala. Son demasiado pequeñas para ser globales y demasiado grandes para ser locales, y lo único que pueden pensar es en la competencia.

Nicolas Negroponte, fundador del MIT Media Lab

#### fab Labs, Making, Hacking

Aún no sabemos en que momento el fabricar tus propias cosas se convirtió en una rareza. Ahora parece convertirse en un trend o una moda. Por poner un ejemplo: la Casa Blanca organizara una Maker Faire este año en sus instalaciones, reuniendo a personas que fabrican en sus garages, y que inventan cosas bastante fuera de lo común: Estados Unidos apuesta fuerte por la re-industrialización de sus ciudades, en este caso a través de la impresión 3D, y de aquellos que muchos llaman makers, y de un evento asociado a dicho movimiento que se asemeja a un show o una feria[1]. Nunca me gustaron las etiquetas, y no veo algo positivo el llamar con un nombre u otro a una persona que imprime gadgets con su impresora 3D, o que utiliza un Arduino para hacer su café, son igual de makers que el zapatero o el panadero de toda la vida, incluso estos últimos pueden llevar gafas de pasta, pantalones ajustados y algún otro elemento vintage en su día a día.

Pero volvamos al tema de fabricar cosas. Mi padre me cuenta que en el pueblo donde creció (Esteras de Lubia en la provincia de Soria, España) se fabricaba localmente casi todo, desde el jabón hasta los aperos

<sup>1</sup> Doug GROSS, 2013, «Obama's speech highlights rise of 3-D printing», en: CNN Tech, 13 Feb. 2013 [http://edition.cnn.com/2013/02/13/tech/innovation/obama-3d-printing/]
[VISITADO 15.02.2014].



para arar la tierra. En algún momento la lógica económica y la industrialización se tragó gran parte de nuestras habilidades propias y pudo desarrollar otras nuevas relacionadas con la demanda del mercado. Pero si el avance tecnológico nos ha alejado del hacer, también nos ha convertido en productores de contenidos digitales, algo impensable hace dos o tres décadas. Ahora la tecnología nos promete que podremos volver a fabricar nosotros mismos las cosas que necesitemos, tanto individual como colectivamente. La impresión 3D es la punta del iceberg, las Maker Faire su mediatización, los Fab Labs su corazón. Volvemos a las ciudades medievales en las cuales la mavoría de los bienes se producían dentro de sus murallas y se intercambiaban pocas cosas con otras ciudades —sólo que esta nueva edad media será high-tech, y se intercambiarán muchos datos entre ciudades a nivel global.

Pero ¿qué es un Fab Lab? Los Fab Labs son plataformas para invención y producción local, conectados a una red global. Los Fab Labs nacen, a principios de la década del 2000, a partir de un proyecto de cooperación entre la National Science Foundation (NSF) y el Centro de Bits y Átomos del Massachusetts Institute of Technology (MIT) en Boston; que consistía en llevar un proyecto tecnológico a una comunidad del centro de Boston, liderada por Mel King (candidato a alcalde de la ciudad, y activista social), en el cual se pretendía desarrollar un pequeño laboratorio para producir tecnología local. No era parte de los presupuestos iniciales que este laboratorio pudiera convertirse en un proyecto global gracias a las conexiones de esta comunidad afroamericana con Ghana en África, y otras muchas casualidades documentadas en el libro escrito por Neil Gershenfeld[2]. En diez años la red de Fab Labs ha crecido hasta 240 laboratorios distribuidos por todo el planeta, conectados a traves de Internet, compartiendo un inventario común de maquinas y materiales, pero que más allá de ello, comparten una filosofía en torno al futuro de la producción personal, colaborativa, y abierta. En los Fab Labs se dan tres tipos de relaciones:

- » Humano <-> Humano
- » Humano <-> Maquina
- » Maguina <-> Maguina

Éstas interactúan para crear proyectos, materializar ideas e inventos que pueden ser parte de actividades vinculadas con la investigación, la educación, los negocios, o simplemente de carácter lúdico. Durante estos últimos diez años de Fab Labs se han generado proyectos de diferente naturaleza: antenas de Internet de bajo coste para conectar hospitales y escuelas en Afganistán, mesas de futbolín interactivas en Amsterdam, casas solares (Fab Lab House) en Barcelona, sillas paramétricas (sobre las que escribe Jens Dyvik en esta publicación), skates de bambú, brazos robóticos open source, colmenas de abejas con sensores, plazas hackeables, máquinas que hacen máquinas, entre muchos más, en todos los continentes. Los proyectos, la gente, y los programas hacen que esta red colabore cada día en el mundo digital y el físico. La Fab Academy se está convirtiendo en la universidad más grande del planeta, las Fab Conferences reúnen a los miembros de la red cada año en un país del mundo, y la plataforma fablabs.io es el punto de encuentro online entre estos laboratorios y las personas que interactúan en ellos. Finalmente después de todo este tiempo de expansion de Fab Labs, aparece la Fab Foundation como organización de fundaciones u organizaciones a nivel mundial [3]. La Fab Foundation es dirigida por Sherry Lassiter (corazón de los Fab Labs), y trata de dar soporte a todos los laboratorios del mundo y sus respectivas organizaciones. En Italia ya ha aparecido la *Italia* Fab Lab and Makers Foundation, impulsada por Massimo Banzi [4] y Riccardo Luna; en la Peninsula Ibérica se lanzará la Asociación Ibérica de Fab Labs y Makers. impulsada por un grupo de personas y Fab Labs de la región. ¿Quién está en esa asociación?

#### right here, right now

En 2007 los Fab Labs llegaron a la Península Ibérica, con el Fab Lab Barcelona como uno de los primeros laboratorios en Europa, precedido por Noruega en Lyngen.





<sup>2</sup> Neil GERSHENFELD, 2005, Fab: The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Fabrication.

New York: Basic Books; Neil GERSHENFELD, 2012, «How to Make Almost Anyhting. The Digital Fabrication Revolution», en www.foreignaffairs.com, Council on Foreign Relations, Inc.; accessible en: http://www.iaac.net/archivos/events/pdf/how-to-make-almost-anything-fo.pdf [sólo para uso académico].

<sup>3</sup> http://www.fabfoundation.org/

<sup>4</sup> Massimo Banzi es uno de las creadores de la comunidad y plataforma de hardware libre y programación Arduino.



Osfa ya conectó dos continentes en El Estrecho, y empuja para que la arquitectura se pueda hackear y sea más open, y lo ha hecho muchas veces. Yo empezaría por Calatrava (sin ánimo de hacer leña del árbol caído).

David Pello hace volar la imaginación de artistas en Asturias, literalmente… a través de sus drones y mucho más.

Cesáreo Gonzalez y Nuria Robles saben que no sólo las vías de los trenes conectan a la gente, sino que el conocimiento y la productividad harán que León sea un referente en pocos años.

Manolo Torán parece uno de esos profesores a los que llamaríamos locos, pero ha metido un caballo de Troya en una universidad enorme; en Valencia.

Ignacio Borrego y los miembros del co-laboratorio están empujando para que la herida del fallido Absolut Lab desaparezca en Madrid.

Elena García, más alejada de la península, va tejiendo hilos entre las Islas Canarias, para que puedan fabricar localmente.

Heloisa Neves ha empezado una revolución en un gigante como Brasil, quizás el mayor de los gigantes del Sur, y parece imparable.

César García y Sara Alvarellos hacen brotar la esencia del hacer en Madrid; más alla de las gafas de pasta detrás de esa etiqueta de los makers (nada en contra de ellas), están construyendo comunidad real.

#### Barcelona, y la política de la fabricación digital

Tuve la suerte de formar parte del proceso de creación del Fab Lab Barcelona en el Instituto de Arquitectura Avanzada de Catalunya, cuando Vicente Guallart y Willy Muller decidieron que no era suficiente con un laboratorio de maquetas para el IAAC. Nuestra forma de entender la arquitectura y su relación con las nuevas tecnologías dieron paso a la creación de un Fab Lab, que luego se convertiría en una especie de entidad en sí misma, creciendo conjuntamente con el IAAC, y en el cual como urbanista encontré una oportunidad de pensar en ciudades mas allá de las plazas, edificios, calles y semáforos. Si quieres cambiar una ciudad tienes que cambiar aquello que la hace vivir: las personas. Para poder cambiar el modo en que las personas se relacionan entre sí y con la ciudad tienes que cambiar aspectos fundamentales de las mismas, y si observamos y analizamos donde estamos, es el modelo productivo global el que define estos aspectos, y lo ha hecho

durante la historia del hombre, siempre estrechamente vinculado con las tecnologías [5].

Volvamos a 2007, y es que el leit motiv del IAAC para aquel entonces era «de los bits a la geografía»; el del Fab Lab Barcelona se fue convirtiendo en «from microncontrollers to cities», no sólo se trataba de las máquinas, era una idea de ciudad lo que estaba detrás de una cortadora láser, de una impresora 3D, de un circuito impreso. En 2011 se dio de nuevo uno de esos fenómenos donde se reúnen las personas indicadas en el momento indicado, y es que para aquel entonces el actual alcalde de Barcelona, Xavier Trías, estaba en campaña antes de las elecciones de mayo; durante los diferentes viajes de campaña el para aquel entonces candidato visitaba Boston, de la mano de Vicente Guallart y Antoni Vives, y uno de los puntos claves de la visita era el Centro de Bits y Átomos del MIT, para verse con su director: Neil Gershenfeld.

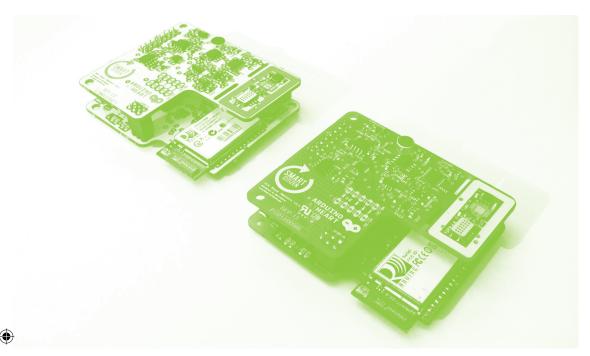
De aguella reunion nació la idea de las Fab Cities: ciudades que puedan cerrar el ciclo de la materia dentro de sus límites, apoyadas por los avances de la fabricación digital, y que se empezarían a desarrollar en Barcelona con la apertura de Fab Labs municipales, si el candidato Trías ganaba las elecciones. Trías ganó las elecciones, Antoni Vives se convirtió en Tercer Teniente de Alcalde responsable del área de Urbanismo, Vicente Guallart en Arquitecto en Jefe de la ciudad y Willy Muller en director de la agencia de desarrollo urbano Barcelona Regional. Ese mismo verano de 2011, Vives y Guallart asisten a la séptima reunión mundial de Fab Labs en Lima, y lanzan el proyecto *Fab City*, basado para aquel entonces en la creación de espacios de manufactura abierta y colaborativa en cada distrito de Barcelona (diez en total), y que sería desarrollado en detalle en los próximos años. En verano de 2013 se terminaron las obras del primer Fab Lab de la era Trías, en el acomodado distrito de Les Corts; ya en funcionamiento bajo la nueva definición local de Ateneu de Fabricació, y se finalizaron las primeras obras del segundo, en el deprimido distrito de Nou Barris. Empieza así un nuevo reto para Barcelona, referente mundial para ciudades en todo el planeta.





<sup>5</sup> Ver: Tomás DÍEZ, 2013, «The Fab City: Hard and Soft Tools for Smart Citizens' Production of the City», en Vicente GUALLART, 2012, La ciudad autosuficiente: Habitar en la sociedad de la información, RBA Libros, Barcelona.





#### la ciudad, y sus ciudadanos

De acuerdo con las estadísticas oficiales de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, más de la mitad de la población vive en ciudades hoy en día, y se espera que en los próximos 25 años aumente a más del 75%. Es en las ciudades donde se presentan los mayores retos para mejorar la calidad de vida de las personas, sobre todo para que dentro de éstas se generen soluciones a los problemas locales, conectados a redes globales de conocimiento. El concepto de ciudad vive un nuevo cambio de paradigma gracias a la introducción de las nuevas tecnologías en casi todos los aspectos de nuestras vidas, y ya no es posible enfrentar los problemas de las mismas con modelos del pasado.

En los últimos años Barcelona ha apostado fuertemente por el desarrollo del modelo de *Smart Cities*, siendo la *Smart City Expo* uno de los eventos claves mundiales para todo el sector tecnológico relacionado con la ciudad. Éstas ofrecen una nueva visión de las posibilidades del uso de las tecnologías para mejorar el funcionamiento de las ciudades, y si

fig. 2 Smart Citizen Kit, desarrollado por Alex Posada, Miguel de Heras, Guillem Camprodon y Tomás Díez.

bien estamos en el estado embrionario de su verdadera aplicación, su potencial en el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos es enorme, abriendo una amplia gama de nuevas posibilidades a industrias y gobiernos en este nuevo ecosistema tecnológico. Sin embargo, las ciudades inteligentes solamente podrán serlo si tienen dentro de ellas hay ciudadanos inteligentes, capaces no solo de consumir la ciudad, sino de producirla y participar de forma activa en ella. Es en el IAAC/Fab Lab Barcelona donde nace el concepto del Smart Citizen [figs. 1 y 2], a través de un proyecto ambicioso que pretende ofrecer herramientas para que los ciudadanos sean parte activa de la producción de la ciudad, y puedan compartir y utilizar recursos para mejorar su calidad de vida a través de nuevos medios de producción, de datos, de información o de cosas. De





la misma manera que los ciudadanos de Barcelona pueden producir sus propios datos a través de sensores de bajo coste y plataformas basadas en Internet, ahora podrán además tener acceso a medios de producción local que les permitan innovar en su barrio o en su Fab Lab (o Ateneu de Fabricació) más cercano, pudiendo aprender en tiempo real con cualquier ciudadano de otra ciudad del mundo donde hay un Fab Lab.

#### fab City

Fab City pretende recuperar la producción local a través del apoyo a la innovación social y el desarrollo de nuevas industrias sostenibles, con el fin de reducir la dependencia de la producción centralizada en países situados a miles de kilómetros, con altos costes de consumo energético y ambiental, además de un alto coste social. Recuperar el conocimiento asociado a la fabricación y manufactura locales permitirá elevar el valor asociado a la producción, lo cual tendrá efectos en la economía y en la sociedad a medio y largo plazo. El proyecto Fab City nace en la ciudad de Barcelona con la idea de facilitar a los ciudadanos plataformas y herramientas para que puedan innovar dentro de la ciudad, en colaboración con empresas, centros de investigación y gobiernos locales.

La décima conferencia mundial de Fab Labs que se celebra en Barcelona en julio de 2014, FAB10 Barcelona, escenificará el lanzamiento del proyecto Fab City a escala local y global, tanto a nivel teórico-conceptual como práctico, a través de una semana de actividades en torno a la fabricación digital, sus aplicaciones e implicaciones, y a la generación de nuevas infraestructuras de fabricación digital en la ciudad.

Habiendo cumplido ya 10 años de Fab Labs, entramos en un nuevo ciclo de 90 años, «from Fab Labs to Fab Cities».

Tomás Díez es urbanista, director del Fab Lab Barcelona, coordinador para Europa de la Fab Academy y organizador de la décima International Fab Lab Conference, Fab10, Barcelona. Ha participado, entre otros, en la coordinación de los proyectos Fab Lab Solar House (2011) y Smart Citizen (2012).

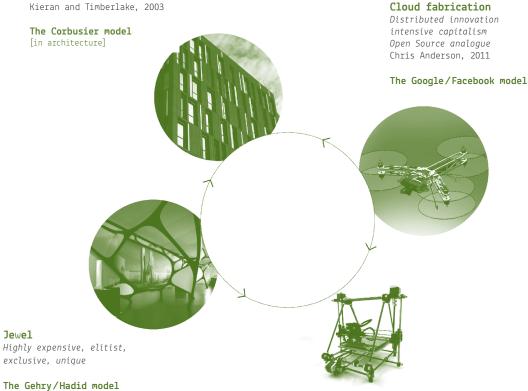






#### F2F / File to Factory

Extension of the airplane&automobile industry to other production realms such as architecture Kieran and Timberlake, 2003



#### fig. 1

Alternative ecosystems/paradigms in digital fabrication from an architectural perspective, Pérez de Lama, 2013.

[in architecture]

#### Fablabs Commons Fabrication

**Microfactories** 

Social economy, autonomy, collaborative Free software/hardware analogue Gershenfeld, 2005; Pérez de Lama, 2010

The Arduino/RepRap model







Yes We Are Open! Fabricación digital, arquitectura, cultura y tecnologías libres

La gente raramente logra hacer algo correctamente al primer intento. La actividad intelectual no progresa yendo paso a paso de una verdad claramente descrita y bien confirmada a la siguiente. Por el contrario, la constante necesidad de cambiar de rumbo, que denomino debugging, es la esencia de la actividad intelectual

Seymour Papert, 1993

El título Yes We Are Open: Sí. Estamos/somos abiertos nos sirve para introducir al menos tres asuntos diferentes. Como muchos sabréis esto es un anuncio que se encuentra con frecuencia en los comercios de países de habla inglesa para decir que están abiertos, y en estos tiempos de recortes en el ámbito de la educación y la investigación es una buena noticia, al menos para los implicados, que el Fab Lab Sevilla, el laboratorio de fabricación digital de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, siga abierto dando servicio a estudiantes y profesores, así como a empresas, profesionales y amateurs que quieren usar los equipos y el asesoramiento de su personal.

Ciertamente, desde la edición del último volumen recopilatorio de trabajos del Fab Lab Sevilla, a finales del año 2011, hemos perdido debido a los recortes en educación a importantes miembros del equipo que son personajes fundamentales de su breve historia, como son el primer director, Manuel Gutiérrez de Rueda, y el más destacado técnico hasta la fecha, José Buzón González, ambos miembros fundadores del proyecto. Aunque los dos estén aplicando los conocimientos y experiencias adquiridos en el Fab Lab en el ámbito profesional, esperamos poderlos recuperar prontamente. No son sólo ellos los colaboradores que ya no están. Si en 2010 contábamos con un equipo a tiempo parcial de 7-8 personas, actualmente estamos escasamente dos. Pero habrá que tirar de ingenio y voluntad y seguir adelante. Como explicaba el maestro Santiago Cirugeda en una reciente conferencia, afectos, creatividad y política son también los principales motores del trabajo en el Fab Lab. Aunque sea a contracorriente de las prácticas hegemónicas, que tratan de imponer criterios estrictamente cuantitativos y economicistas para la gestión y evaluación de los equipamientos docentes y de investigación.



#### **(**

#### una institución monstruo

La segunda acepción, del Sí, somos abiertos, tiene que ver con uno de los principios de la Fab Charter, (Carta de los Fab Labs), que los plantea como un equipamiento accesible y abierto a todos (y todas). Frente al uso de los laboratorios y otros equipamientos públicos como espacios especializados y elitistas, difícilmente accesibles incluso para los propios estudiantes e investigadores, el Fab Lab Sevilla viene intentando consolidar la gestión de un espacio tecnológico avanzado para que sea accesible al público de una manera fácil y directa, como lo son por ejemplo las bibliotecas. Esto tiene que ver con el pensamiento actual sobre redes y producción de riqueza desarrollado por autores como Benkler, Barnes, Negri o Hardt[1]. que reivindica el acceso democrático a los recursos de las redes. A veces con éxito, y otras no tanto, hemos venido esforzándonos y experimentando en este sentido, impartiendo cursos de alto nivel gratuitos para profesores y estudiantes, manteniendo una política de precios asequibles, intentando recibir a todos los que llegan al Fab Lab, principiantes o expertos, para que se sientan bienvenidos. Esto no está siendo fácil con la drástica reducción de personal, pero es de destacar en este esfuerzo la actitud y la dedicación de Juan Carlos Pérez Juidías, Fab Lab Manager[2] del Fab Lab Sevilla.

En este sentido nos gusta decir que el Fab Lab, en cuanto a su gestión, es un experimento de institución monstruos [3], en otras palabras, de nueva institución del común. El común, procomún, o los commons (del inglés), en su sentido más general, sería el ámbito de nuestras vidas sociales, que las redes han puesto en primer plano, que no forma parte ni de la esfera de lo privado, ni de la de lo público-estatal, especialmente en cuanto a su propiedad y gestión. Lo común —algunos de cuyos ejemplos serían el aire que respiramos, la lengua que hablamos y escribimos, la tradición literaria o científica, la calidad de vida de un cierto barrio histórico, el espacio público o la WWW— es propiedad de todos y de ninguno de los miembros de la comunidad a la que está asociado, se construye con

1 Benkler, 2006; The Wealth of Networks. P. Barnes, 2006; Capitalism 3.0; M. Hardt y A. Negri, 2009; Commonwealth. 2 Aunque no es ésta la denominación que usamos habitualmente, Fab Lab Manager es el nombre que recibe en la Fab Lab Network el técnico responsable de la gestión del laboratorio. 3 Universidad Nómada, 2008; Prototipos mentales e instituciones monstruo [http://eipcp.net/transversal/0508/universidadnomada/es]. la participación y responsabilidad de todos los miembros de la comunidad, y los recursos que se generan en él —o en ocasiones, los recursos en que consiste específicamente el procomún en cuestión— son equitativamente distribuidos entre todos los que participan de él. Al final, como le gusta decir a Juan Carlos Pérez, este planteamiento surge de reconocer que lo valioso en el Fab Lab no son sólo las máquinas y el software, sino, sobre todo, el talento de la gente, especialmente de los estudiantes, que entran cada día por la puerta. Más que pensarlo como un equipamiento estrictamente material, nuestra idea del Fab Lab es la de un agenciamiento formado por el propio espacio, las máquinas y la comunidad de personas, que en su composición de lugar a un cierto acontecimiento de lo real.

La Universidad en realidad siempre ha tenido una cierta dimensión de institución del común, pero es éste una de los aspectos de las universidades que está siendo más directamente atacado por el neoliberalismo hegemónico, al nivel de las normativas y de las acciones, y al nivel de la producción de subjetividad —incluida la de los propios universitarios— con la creciente presión para convertir la formación y la investigación universitarias en otra mercancía más.

#### conocimiento libre

Una tercera acepción del Sí, somos abiertos [4], estrechamente conectada con la anterior, refiere al énfasis que se hace en el Fab Lab en el uso y desarrollo de conocimiento libre, entre otros, el relacionado con el software y el hardware libres, así como a nuestra modesta participación en las comunidades globales en torno a estos temas. Como muchos lectores conocerán, y en contraste con el énfasis en las patentes y los copyrights tan apreciados en nuestra propia Universidad, existe un movimiento a escala global que defiende la producción y distribución libre y open source (de código abierto) del conocimiento.

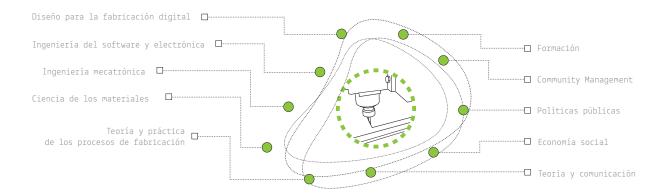
En el fondo de este planteamiento, se encuentra la idea de que el principal objetivo de la ciencia, las tecnologías, las artes y el conocimiento en general, debería ser mejorar la vida de nuestras sociedades, y no como parece ocurrir con demasiada frecuencia, hacer negocios y ganar dinero. En un segundo plano de este planteamiento aparecen cuestiones como la del reconocimiento de las ciencias y las artes como





<sup>4</sup> Entre otros: openwear collaborative clothing, 2011; Openwear? Yes, we are open!



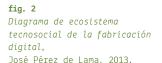


producción social —aunque sin duda también necesitemos de genios o al menos de grandes singularidades—. Se atribuye al propio Newton la expresión de que pudo ver tan lejos porque se alzaba sobre hombros de gigantes —refiriéndose a los hombres de ciencia que le habían precedido, que no habían guardado celosamente, bajo secretas patentes, sus descubrimientos e invenciones.

En tercer lugar está la cuestión de que la innovación, especialmente en el mundo intercomunicado de las redes contemporáneas, se produce de forma mucho más acelerada cuando los conocimientos se distribuyen de manera abierta y compartida. El bien estudiado caso del desarrollo del sistema operativo Linux en una red global, abierta y distribuida durante la década de 1990, o el de las impresoras 3D RepRap de los últimos años, que se comenta en este volumen [5], son ejemplos paradigmáticos de esta otra manera de hacer ciencia y de producir tecnologías. En el caso de instituciones públicas como es la Universidad de Sevilla, de la que forma parte el Fab Lab Sevilla, esta aproximación a la producción y difusión de conocimiento libre y open source nos parece de especial importancia.

#### experimento educativo

Un segundo tema que vamos a tratar en esta introducción es el del Fab Lab como experimento educativo. Seymour



Papert, pionero de la cibernética en el MIT y uno de los inspiradores del proyecto Fab Lab, explicaba como frente al conocer-qué y el conocer-cómo, el conocimiento proposicional y el conocimiento procedimental (que encontramos en la base de nuestro actual sistema educativo basado en la idea de competencia), existen otras formas de conocer que consideraba de mayor interés. Las ilustraba con ejemplos de la vida cotidiana como son los de llegar a conocer un lugar, a una persona o a uno mismo.

Las relacionaba además con el aprendizaje que hacen los niños, por ejemplo, de su propio idioma —un aprendizaje que denominaba piagetiano—. Este aprendizaje, para Papert, se caracteriza por hacerse voluntariamente, sin programa, y sin la necesidad de una disciplina impuesta sobre el/la que aprende. Extendiendo esta idea al aprendizaje de las matemáticas, Papert proponía usar los ordenadores para crear un Mathland, un espacio-tiempo en el que los niños aprendieran matemáticas como aprenden naturalmente a hablar en su propio idioma en el país en el que viven. Algunas condiciones para que se produzca este tipo de aprendizaje, según el autor, son que lo aprendido sea inmediatamente apropiable por parte del que aprende, que lo empodere permitiéndole hacer cosas nuevas o de



<sup>5</sup> Ver RepRap Family Tree de Emmanuel Gilloz en pág. 66.



forma más capaz y que lo aprendido sea percibido como cultural y socialmente relevante [6]. A través de este tipo de experiencias, además, los estudiantes modifican con frecuencia su actitud respecto de las prácticas de aprendizaje más tradicionales, cuyos contenidos pasan a ser percibidos de forma nueva. En este marco, los profesores, sin embargo, no desaparecen, siempre según Papert, sino que pasan a orientar y apoyar, creando las situaciones adecuadas para facilitar estos procesos más autónomos y aportando materiales que funcionan como medios u objetos transicionales.

LLegar a ser un buen arquitecto o arquitecta, como en la analogía propuesta por Papert, tampoco puede describirse como un proceso lineal y predecible. Por esta razón, este planteamiento nunca ha sido ajeno al aprendizaje de la arquitectura. Aún así, estas reflexiones tal vez deban considerarse especialmente oportunas en momentos como el actual en que disciplinas como la arquitectura, impartidas en centros educativos de larga tradición caracterizados por una fuerte parcelación del conocimiento, tienen dificultades para responder adecuadamente a una sociedad en proceso de transformación acelerada. El caso de la lenta incorporación de la cultura digital y sus herramientas al cuerpo de conocimiento de la Arquitectura, constituye un buen ejemplo de estas dificultades.

La proliferación de medialabs, hacklabs, livinglabs, makerspaces y todo tipo de laboratorios entre los que se encuentran los fab labs, la multiplicación de los talleres y workshops, junto a la emergencia de Internet como el principal lugar de aprendizaje e intercambio de conocimiento en ciertos ámbitos, son fenómenos relacionados con el discurso de Papert. a los que las universidades tradicionales deben prestar atención. En el campo del diseño computacional y la fabricación digital estos nuevos entornos y formas de aprendizaje son sin duda de gran relevancia. En efecto, se da la paradoja de que con cierta frecuencia algunos de los que más saben sobre estas cuestiones son estudiantes o jóvenes profesionales que han adquirido sus conocimientos al margen de la formación reglada. Es de lamentar que la actual situación política en el estado español impida la incorporación de estos jóvenes investigadores a la docencia e investigación, cortando la natural renovación del conocimiento necesaria en toda institución que quiera permanecer viva y en la vanquardia artística y científica.

6 Seymour Papert, 1993, Children, Computers and Powerful Ideas.

Experimentando con estas nuevas prácticas de producción y difusión del conocimiento, el Fab Lab de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura se ha mantenido hasta la fecha al margen del currículum oficial, exceptuando su colaboración ocasional en asignaturas singulares o de libre configuración. El Fab Lab ha intentando ofrecerse como alternativa y complemento a los procesos formales de aprendizaje, en tanto que espacio papertiano, y hasta cierto punto extradisciplinar. Aunque esta circunstancia es sobre todo resultado de la escasa flexibilidad de nuestras instituciones, hemos intentado convertirla en una ocasión para la experimentación creativa. Aunque los resultados obtenidos por medio de estos formatos alternativos son difíciles de medir, nuestra valoración de lo conseguido durante estos años es prudentemente positiva. Nuestros indicadores son el entusiasmo de buena parte de los estudiantes que participan en proyectos y talleres, los elogios de los estudiantes extranjeros e investigadores visitantes, el interés que genera el proyecto fuera del ámbito universitario y la calidad de los trabajos para los que son contratados y de las becas que reciben los ex colaboradores del Fab Lab.

#### la Fab Academy

Durante el año 2013 cuatro miembros del equipo del Fab Lab Sevilla — José Buzón, Juan Carlos Pérez, Juan Carlos Venegas y José Pérez de Lama— pudimos participar en una experiencia docente singular y futurista como es la Fab Academy. Se trató de la cuarta edición del curso impartido por Neil Gershenfeld, director del CBA de MIT y de la Fab Lab Network, para la formación de los responsables de los fab labs de la red. A lo largo de cinco meses, miembros de una treintena de Fab Labs distribuidos por todo el mundo nos reunimos en videoconferencia, un día a la semana, para recibir clases del profesor Gershenfeld y comentar nuestros trabajos en proceso. Durante cada una de las 20 semanas del curso teníamos que llegar a dominar y poner en práctica uno de los procesos de fabricación que componen el conjunto de protocolos compartidos por la red —que van del uso de la cortadora láser para ensamblaje posterior de piezas tridimensionales al diseño, fabricación y programación de PCBs para dispositivos interactivos, pasando por la producción de piezas con moldes y composites—. Para el desarrollo de estos trabajos contábamos, además de con la clase semanal, con el apoyo de tutores locales (los nuestros en Barcelona y Amsterdam), y especialmente con la documentación detallada generada por los





estudiantes de años anteriores. Por nuestra parte, además de presentar semanalmente los resultados, teníamos igualmente la obligación de publicar nuestros trabajos en el repositorio de la Academy, haciendo especial énfasis en los procesos de debugging —esto es en la documentación de los errores cometidos y en como los habíamos resuelto— si es que lo habíamos logrado.

Además de los propios contenidos, el curso tiene múltiples aspectos de interés. Para empezar, su carácter intergeneracional e multidisciplinar: los participantes éramos arquitectos, diseñadores, ingenieros, programadores, artistas, organizadores sociales... En segundo lugar, y según Neil Gershenfeld, se trata de un modelo educativo distribuido, que intenta combinar lo mejor de la formación a distancia —con el MIT como nodo central— con lo mejor de la formación in situ, en cada uno de los laboratorios donde los tutores y estudiantes colaboran en el trabajo práctico, hands on. En tercer lugar, se trata de un proceso de aprendizaje y producción de conocimiento que subraya los aspectos colaborativos, que se materializan en la consulta permanente en las listas de correos entre estudiantes y tutores, y en el conocimiento organizado, de carácter procesual y de diferentes niveles que cada curso pone para el uso libre y open source a disposición de los siguientes.

El objetivo de Gershenfeld es convertir progresivamente la Fab Academy en una plataforma en la que puedan aprender y compartir cientos de miles de personas de todo el planeta —plataforma a la que esperamos poder incorporarnos, como uno de los nodos estables, en un futuro próximo.

#### los contenidos del presente volumen

La presente edición, al tercera de la colección Fab Lab Sevilla, recoge textos de autores que han colaborado con el laboratorio desde 2011, en los que exponen sus trabajos e investigaciones, dando muestra de la variedad de intereses y disciplinas que se encuentran e interactúan en este tipo de equipamiento.

Los textos se han agrupado en tres bloques principales. En el primero se presentan escritos de investigadores estrechamente vinculados con el movimiento de los Fab Labs (y makerspaces). Los dos primeros textos son de Jens Dyvik, uno de los mejores conocedores de la Fab Lab Network tras sus dos vueltas al mundo de laboratorio en laboratorio. En dos ocasiones ha estado en Sevilla impartiendo talleres y compartiendo su experiencia. El bloque lo cierran otros dos textos de

Heloisa Neves, directora ejecutiva de la red Fab Lab Brasil, que también llevó a cabo en Sevilla una extensa estancia de investigación en 2012-2013. Entre estos dos autores escriben directores y managers de los fab labs de Asturias, León y Madrid (Makespace Madrid), así como el equipo del laboratorio sevillano independiente Ehcofab.

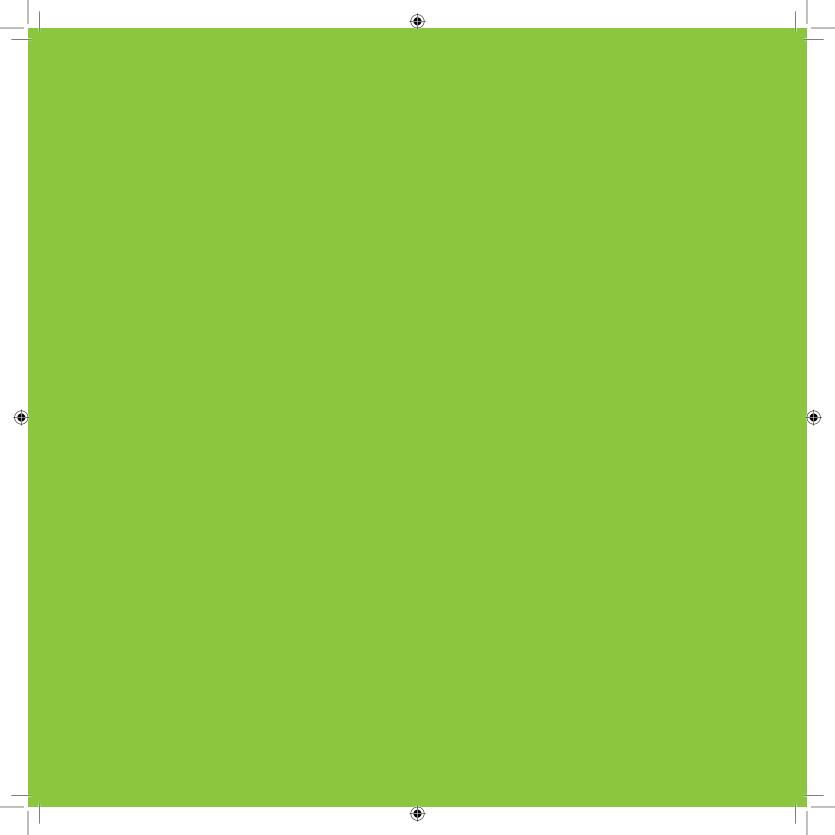
El segundo bloque reúne trabajos de investigación relacionados con el diseño computacional y la fabricación digital. En concreto, tres de los t extos tratan del diseño de estructuras, siendo los autores José Sánchez, director del Departamento de Estructuras de la Universidad de Sevilla, junto a la profesora Mercedes Ponce; Enrique Soriano y Pep Tornabell, investigadores de la UPC; y miembros del equipo CODA Office; Antonio J. Lara y colaboradores, investigadores vinculados a la Universidad de Sevilla, y colaboradores. Rafael Urquiza, pionero del diseño computacional en Málaga, con amplia experiencia internacional, escribe sobre su desarrollo de Piel Bioclimática Reactiva, un trabajo en el que combina diseño paramétrico, interactividad y fabricación digital. El profesor de la Universidad de Sevilla Antonio Sáseta, presenta una narración retro-futurista inspirada en sus trabajos sobre generación paramétrica de poliedros complejos. Como cierre del bloque, el arquitecto Ignacio Domínguez-Adame presenta un proyecto propio en el que se componen diseño paramétrico, escaneado e impresión 3D y extensiones corporales.

En el tercer bloque se recogen dos textos teóricos, entre los que destaca la aportación de Ewen Chardronnet, artista y crítico digital, que plantea cuestiones de economía política sobre el futuro de los Fab Labs.

Al inicio y al final del volumen diversos visioramas con un centenar largo de imágenes intentan dar cuenta de los múltiples proyectos y actividades y del ambiente de trabajo en el laboratorio. El cuerpo del texto se cierra con un apéndice en el que se recogen datos del Fab Lab Sevilla correspondientes al período 2012-2013.

Queda agradecer las aportaciones de todos los colaboradores del Fab Lab Sevilla durante estos dos últimos años, estudiantes, profesores, investigadores, gestores universitarios, personal de administración y servicios, entidades y personas externas a la universidad, compañeros de la Fab Lab Network... Y en esta ocasión, particularmente, a los autores que han cedido sus textos para hacer posible esta publicación. Esperamos que sea del interés de los lectores. ¡Nos vemos en el futuro!





## Yes, We Are Open! fab labs y makerspaces



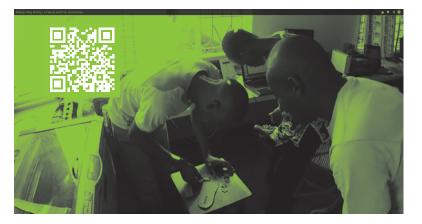






fig. 1

Making Living Sharing
[youtube/DyvikDesign, 2013].

#### fig. 2

Digital Garden workshop at FabLab Sevilla [youtube/DyvikDesign, 2012].

#### fig. 3

The Layer Chair Sevilla edition [youtube/DyvikDesign, 2012].





### Reflexiones en ruta de un nómada de los Fab Labs

#### fab Labs y artesanía

Estoy actualmente en una gira global de Fab Labs [1]. Mi objetivo es investigar la fabricación personal y el diseño Open Source. Una de mis principales fascinaciones con el mundo de los Fab Labs es como se combinan la producción manual —la artesanía— y la producción con máquinas. Basándome en mis experiencias, en este artículo describo los potenciales que ofrecen los Fab Labs para el diseño y los desafíos que los Fab Labs tendrán que afrontar en el futuro.

#### la mente y la máquina

Desde nuestra revolución industrial, el diseño, la fabricación y el uso de productos se han separado entre sí. Como consecuencia, el desarrollo teórico de un producto, su producción y su uso son habitualmente llevados a cabo por personas que no tienen nada que ver entre sí. Sin embargo, yo creo que cuanto más sepa una persona acerca de la historia de un producto, esto es, acerca de cómo fue diseñado y de cómo fue hecho, más apreciará la creación en cuestión.

<sup>1</sup> El presente artículo fue escrito a principio de 2013. La gira mundial de Dyvik, iniciada en 2011, concluyó en agosto de 2013.



Capacitando a la gente para que cree sus propios productos usando máquinas digitales, los Fab Labs ayudan a crear conexiones más fuertes entre la gente y las cosas. El que la gente haga las cosas y herramientas que necesitan en sus propias vidas tiene muchas consecuencias positivas, prácticas y filosóficas. Cuando la gente hace herramientas para sus propias necesidades, la distancia entre creación e implementación es muy pequeña. Más aún, crear los «ingredientes» físicos de tu propia vida, o de la vida de las personas a la que quieres, puede ser muy gratificante.

#### mucho más que apretar un botón

Hacer un producto con una máquina digital como una fresadora CNC o una cortadora láser implica mucho más que simplemente apretar un botón. Antes que nada, tu idea tiene que ser convertida en un dibujo digital. A continuación, hay que elegir y preparar los materiales. Una vez que los componentes del diseño han sido producidos por la máquina, necesitan ser ensamblados y acabados. La combinación de diseño abstracto mediante software y máquinas controladas por ordenador, con la producción material —preparación física, operación de las herramientas de CAM, ensamblaje y acabado a mano, puede ser muy valiosa.

En tanto que el diseño se hace con la ayuda de software, es posible crear diseños precisos sin la necesidad de años de entrenamiento artesanal. Pero en el Fab Lab sólo puedes hacer aquello que puedas dibujar digitalmente. En este sentido, el Open Design y el compartir de archivos de diseño puede ser de gran ayuda. El diseño digital significa que puedes descargar la creación de otro usuario del Fab Lab en tu programa y personalizarlo o modificarlo, sin la necesidad de empezar desde cero. De esta manera, los nuevos practicantes de la fabricación digital pueden empezar mucho más rápidamente, y los experimentados pueden colaborar más fácilmente, combinando diseños existentes para producir otros nuevos.

Y sin embargo, la modificación en la práctica, hands on, de tu propio diseño también es importante. Puede que una vez que tengas en la mano tus piezas cortadas en la láser, te des cuenta de que te hubiera gustado una esquina redondeada y puede que entonces decidas lijarla. Así, lo usuarios pueden «lijar, cortar y pegar su camino» hasta tener un diseño terminado. Igualmente, la elección de un acabado lacado o pintado, o la combinación de materiales son ejemplos de como la artesanía se combina con el trabajo computacional. Las máquinas de un Fab Lab también se usan para crear herramientas para la artesanía en lugar de piezas acabadas, como por ejemplo, telares o herramientas para pintar.

#### la Fab Lab Network como fuerza creativa colectiva

Otra ventaja de hacer productos usando máquinas digitales es que el proceso de fabricación puede ser repetido con poco esfuerzo. Esto significa que una vez que has convertido una idea en un dibujo digital, puedes generar diferentes variaciones en proporciones, tamaño, etc. Estos diseños digitales pueden ser compartidos fácilmente transfiriendo los bits y bytes «que están detrás de los dibujos». Cuando estas continuas iteraciones fluyen entre los Fab Labs alrededor del mundo, la Fab Lab Network funciona como una fuerza creativa colectiva. El proceso de iteración continuada de un diseño puede implicar un montón de juego. Este carácter de juego y la búsqueda de nuevas posibilidades es una de las consecuencias positivas que se obtienen cuando los creadores manejan las máquinas que producen sus propias creaciones.

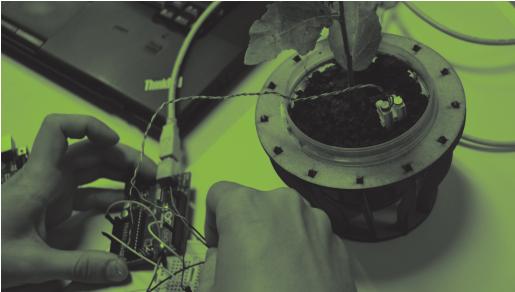
Convertir una idea en un dibujo digital no es necesariamente fácil, no obstante, y ésta es la habilidad que con más frecuencia me piden compartir cuando visito un Fab Lab. El uso de un Fab Lab requiere que domines en un cierto grado el oficio de manejar un ordenador. Los bits y bytes fluyen por las venas de muchos usuarios de las jóvenes generaciones desde su infancia, lo que les hace aprender el uso de nuevos programas y posibilidades en un abrir y cerrar de ojos. Para otros usuarios, por contra, llegar a terminar un diseño digital y enviarlo a una máguina puede llegar a ser una lucha llena de terror y frustración. Y cuando la cosa va verdaderamente mal, la lucha por hacer funcionar el ordenador no llega a compensar los beneficios de la fabricación digital y del compartir conocimiento. Por esta razón, la existencia o el desarrollo de software de diseño que sea fácil de usar a la vez que potente es crucial para los Fab Labs. Por suerte, cada año se lanzan mejores herramientas, por parte de la comunidad y por parte de empresas externas. Aún así, es muy importante capacitar a los usuarios para que entiendan como usar los programas. Los talleres y cursos son estupendos para esto; pero los recursos online y la catalogación de éstos son también muy valiosos.

La accesibilidad del software es un ingrediente muy importante para la creación de una pujante comunidad de Fab Labs. El coste del software puede ser una importante barrera, especialmente en países con pocos recursos. Ésta es la razón por la que el sofware Open Source es crucial para el mundo de los Fab Labs. El inconveniente es que el software Open Source puede ser más difícil de aprender y que puede no incluir herramientas de diseño que se encuentran en el software comercial. Éste último es el motivo por el que personalmente tiendo a usar programas









figs. 4 y 5 Imágenes desarrollo taller Fablab.13 Digital Garden, dirigido por Jens Dyvik, en el Fab Lab Sevilla, julio 2012.

El taller planteaba la interrelación de elementos naturales y electrónicos como reflexión acerca de los habitares contemporáneos. Los participantes, estudiantes y arquitectos, se organizaron en cuatro grupos, cada uno de los cuales debía trabajar con un elemento: tierra, fuego, agua y aire.

Las herramientas y equipos empleados fueron *Grasshopper* y *Firefly* en cuanto a software, *Arduino*, *kinect*, sensores y actuadores para la electrónica y la interactividad, y cortadora láser y termoformadora para la fabricacion de elementos constructivos; además de tierra vegetal, plantas, luz y agua.

En la imagen superior, David Blasco, Francisco Díaz Montero, Cynthia Rivas y Álvaro Borrego participantes en el taller.

Fotografía: Camila R. Maggi.







de diseño que no son Open Source por esta razón. Una consecuencia de esto puede ser que sólo los usuarios que han comprado o pirateado este programa sean los que puedan reciclar o beneficiarse de mis diseños. Para evitarlo, siempre publico mis archivos de diseño en un formato que pueda ser importado a un programa Open Source junto a mis archivos de diseño originales. Espero poder cambiarme a un software Open Source en el momento en que las herramientas que actualmente uso en mis diseños puedan ser incorporadas. El software que se usa para controlar las máquinas de los Fab Labs se está haciendo cada vez más sencillo de usar, y nos estamos aproximando a un futuro en el que sólo se necesitará un único software para diseñar y fabricar tus piezas en el Fab Lab.

#### herramientas para la fabricación local y herramientas para la colaboración global

Sin embargo, no solamente necesitamos software para el diseño y la fabricación —también lo necesitamos para la colaboración entre las personas—. En la siguiente sección describo varios ejemplos de como la gente comparte conocimiento y experiencias con el apoyo de medios digitales (aplicaciones).

#### variaciones de software

El mantra del Fab Lab es colaborar globalmente y producir localmente. Hemos visto grandes avances en el desarrollo de herramientas de diseño y fabricación, pero la comunidad Fab Lab también necesita mejores herramientas de colaboración y compartición del conocimiento entre los laboratorios. El Fab Lab tiene que ver ante todo con la gente colaborando y compartiendo conocimiento, y creo que en los próximos años vamos a ver nuevas infraestructuras destinadas a este fin. El sistema de vídeoconferencia Polycom[2] que permite a los Fab Labs hablar entre sí puede haber sido la herramienta de comunicación más exitosa hasta la

2 El polycom, o más propiamente el dispositivo de acceso al sistema de videoconferencia instalado en el CBA del MIT —puesto que es posible usar diversos modelos— es un equipamiento que deben incorporar todos los Fab Labs de la red. La Fab Academy, entre otras actividades de la red, se basa en el uso intensivo este equipamiento. Desde mediados de 2013 el sistema permite la conexión simultánea de cerca de un centenar de usuarios.

fecha. Y sin embargo, aún no se llega a aprovechar todo su potencial.

Localmente, los Fab Labs consiguen buenos resultados compartiendo conocimiento y empoderando a sus usuarios. Sin embargo, hacer accesible el conocimiento creado en un Fab Lab a otros nodos de la red con frecuencia no funciona demasiado bien. Todo depende de la publicación y documentación de los proyectos y procesos de fabricación. La mayoría de los Fab Labs han hecho un trabajo más bien pobre a este respecto, hasta ahora. Aún así, hay algunas excepciones, como la del Fab Lab de la Waag Society en Amsterdam que cuenta con una vasta librería de trabajos hechos por sus usuarios documentados en su sitio web.

Cuando los usuarios crean algo en un Fab Lab y comparten el conocimiento de como lo han hecho, se crea una bella convergencia entre creación y asistencia a otros en la creación. Estas librerías de fab moments se convierten en un valioso complemento de las fuentes más formales de aprendizaje como pueden ser los libros, las clases o los cursos. Tradicionalmente, los profesionales pasaban años perfeccionando su oficio, para publicar finalmente un libro. Y ahora también tenemos a profesionales y amateurs colaborando y documentando su trabajo online a la vez que lo van haciendo. Creo que ésto posibilita maneras más fluidas y libres de aplicar el conocimiento de otros a tu trabajo. Y creo que este conocimiento democratizado hace posible que más gente cree cosas mejores y más valiosas.

#### aplicando el conocimiento compartido

Una vez que el conocimiento y la creación han sido compartidos, el siguiente desafío es aplicar este conocimiento en una nueva situación. Sorprendentemente, se ve con poca frecuencia que los usuarios de un Fab Lab repliquen o innoven una creación procedente de otro lab. Un ejemplo es el excelente diseño del futbolín (foosball table) con marcador automatizado y cámara-moviola de reproducción hecho en el Fab Lab Amsterdam. Los archivos para fabricar este futbolín están disponibles online así como las instrucciones para hacerlo. La producción incorpora un buen número de técnicas básicas del Fab Lab y constituye un proyecto ideal de aprendizaje para llegar a ser un usuario avanzado del Fab Lab. Hasta la fecha, sin embargo, nadie ha replicado todavía este Open Design (diseño abierto o libre). Se pueden imaginar diferentes razones para esta falta de replicación. Pudiera ser que el diseño no estuviera lo suficientemente visibilizado, y que la









#### figs. 6 a 10

Proceso de producción de las *Layer Chairs* en el Fab Lab Sevilla. Fotografía: Camila R. Maggi.

#### fig. 11

Layer Chair Sevilla nº 3.

Equipo de diseño y producción Layer Chair Sevilla: Jens
Dyvik, José Buzón, Jose A.
Zuluaga, Camila R. Maggi,
Yolanda Rendón, David Blasco,
Fancisco Díaz Montero, José
Pérez Fenoy, Álvaro Borrego,
Pilar Casatejada, David
Sánchez Martínez, Miguel
Gimeno, Pepe Pérez Mateos,
José Pérez Juidías, Manuel
Gutiérrez de Rueda.

El proyecto *Layer Chair Sevilla* fue objeto de una exposición en julio de 2012 en la *Sala Lugadero*, en la Alameda de Hércules, Sevilla.













fig. 12
Enlace a video del taller
FabLab.18 Applications of
Arduino, Grasshopper, Firefly
and Kinect to interactive
architectural design, dirigido
por Jens Dyvik, Fab Lab
Sevilla, diciembre 2012.

gente que pudiese beneficiarse de este conocimiento no supiera que existe. O podría ser que los materiales y el tiempo necesario para producirlo lo hagan demasiado caro. A pesar de esta circunstancia pienso que en este caso hay una gran cantidad de conocimiento indirecto que sí está siendo absorbido. Puede que alguien haya visto la documentación y que haya aplicado parte de las técnicas de diseño y fabricación en su propio proyecto. Considero que cartografiar este tipo de aplicaciones directas e indirectas del conocimiento compartido puede ser de gran valor. Una potente herramienta de mapeado de las transferencias de conocimiento podría suponer un importante impacto en el futuro de las infraestructuras de colaboración de las comunidades de Fab Labs.

#### fab Labs como hubs sociales

Más allá del flujo de conocimiento y colaboración entre los laboratorios, la más poderosa interacción ocurre entre personas que trabajan dentro del lab. En esta última sección describo algunos otros aspectos que son importantes para que un lab funcione como un hub social.

#### el poder de la colaboración cara-a-cara

Los Fab Labs son hubs sociales que conectan gente e ideas. Cuando un Fab Lab funciona bien, la accesibilidad, apertura y libertad de probar ideas hace que las personas saquen lo mejor de sí. Este ambiente se hace contagioso y la gente comparte voluntariamente las ideas, técnicas y conocimientos entre sí. Es como si un interruptor fuera activado en la cabeza del visitante haciéndolo pasar de una actitud de competencia a otra de compartir. No es raro que un usuario que llegue al lab con un objetivo específico, vuelva a casa con ideas inesperadas y nuevos colaboradores. El espacio para poder cometer fallos también es importante. En contraste con muchas de las instituciones de conocimiento

tradicionales, los fallos son bienvenidos en los Fab Labs, siempre que nos aseguremos que tú y otros usuarios aprendan de ellos. Los nuevos usuarios de una máquina compleja, necesariamente van a cometer múltiples errores, pero los errores nos llevan a un entendimiendo más profundo del funcionamiento y las posibilidades de una tecnología. Si se logra que un usuario del Fab Lab llegue a una situación en la que él o ella se sienta invitado a experimentar y probar nuevas posibilidades, se habrá consequido liberar un método de innovación muy potente.

#### más que hacer cosas

Este equipamiento, en tanto que servicio social, contribuye a algo más que a ayudar a que la gente se encuentre y se inspire mutuamente. Algunos Fab Labs exitosos se convierten en puertos seguros para individuos que se sienten perdidos en la sociedad en un momento dado. La cálida inclusividad y la libertad para expresarse que se encuentran en un lab pueden suponer un importante apoyo y un factor de saludabilidad para la vida de algunas personas. Esto es un resultado muy positivo de un espacio de trabajo abierto y lleno de gente apasionada. El Fab Lab Lyngen MIT[3] es un caso concreto en el que se han dado muchos ejemplos de este tipo, pero hay muchas historias similares en muchos otros labs. Estas funciones sociales e indirectas de los Fab Labs son raramente mencionadas. Y sin embargo, yo las valoro como uno de los aspectos más fascinantes e importantes de los Fab Labs. Cuando se estudia la justificación económica del funcionamiento de un Fab Lab y la definición de un modelo de negocio sostenible, estos beneficios menos visibles deben tenerse en consideración.

**3** El MIT-Fab Lab Lyngen, en el norte de Noruega, dirigido por Haakon Karlsen Jr., es uno de los primeros Fab Labs de la red global [http://www.fablab.no/].









Más aún, el potencial de los Fab Labs de mejorar la vida cotidiana de los ciudadanos en países en desarrollo es bastante obvio. Por medio de la capacitación de la gente para crear sus propias herramientas allí donde las necesitan, los Fab Labs ya han mejorado las vidas de muchas personas pobres. Un ejemplo de este tipo de esfuerzo es el Programa pierna protésica de 50\$ USA[4] que viene siendo desarrollado por HONF Fab Lab Yogyakarta (Indonesia) y Fab Lab Amsterdam. Como parte de mis viajes por los Fab Labs, he contribuido con algunas ideas de diseño y técnicas de producción (workflows) a este proyecto que se propone la fabricación local de una prótesis de pierna económica. En la mayoría de los países industrializados, no obstante, estando buena parte de las necesidades básicas de vivienda, comida y movilidad razonablemente satisfechas, los problemas de la vida cotidiana suelen ser menos físicos. Las personas esperan otras cosas del diseño, por ejemplo, cosas relacionadas con el campo social. Encuentro que muchas de las acciones y programas de los Fab Labs tienen importantes consecuencias mentales. En cierto modo, la interacción social por medio de la creación de algo físico tiene más consecuencias que la mera creación de nuevos productos materiales. La acción física y el proceso de producción colaborativa deviene un vehículo al servicio de necesidades psicológicas. La experiencia de ser capaz de hacer realidad los objetos con los que has soñado, de participar en un movimiento de colaboración global, y de empoderar la propia vida o la de otro, es realmente valiosa.

Esto me hace volver al punto de partida sobre la conexión entre personas y objetos. Cuando haces algo para ti mismo, o cuando alguien hace algo para ti en un Fab Lab y conoces el proceso que lo ha generado, este producto significará mucho más para ti. Si se rompe, probablemente querrás repararlo. Y tardarás más en querer sustituirlo por otro nuevo. Este cambio de actitud hacia el valor de los objetos físicos puede llevar a estilos de vida más sostenibles con un menor consumo de objetos que serán más apreciados.

Tengo muchas ganas de ver en los Fab Labs herramientas para el desarrollo de una vida más sostenible y llena de significado. Y de ver más y más proyectos e ideas siendo adaptados y mejorados entre los

4 Sobre el *Programa de pierna protésica de 50 SUS* puede leerse, por ejemplo, en: Alex Schaub, Deanna Hearst, *et al.*, 2011, en: Bas van Abel *et al.* (eds.), *Open Design Now*, Bis Publishers, Amsterdam; pp. 218-219.

labs. Los Fab Labs son lugares que utilizan modernas tecnologías para reunir de nuevo el trabajo mental y el trabajo manual en un mismo lugar. Y este es un lugar en el que quiero estar.

#### agradecimientos

Me gustaría agradecer a la *Keep an Eye Foundation* (Holanda) por apoyar parte de mi investigación, así como a toda la gente estupenda que me ha alojado en sus Fab Labs para llegar hasta aquí.

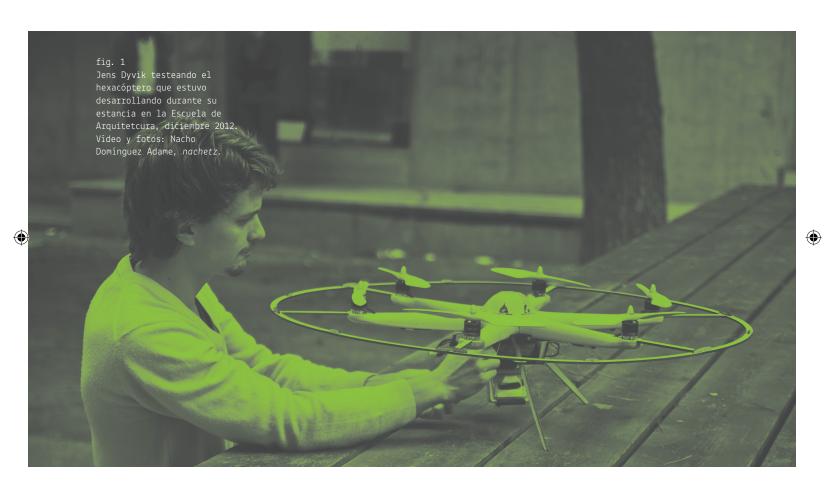
Texto original en inglés publicado en: Julia Walter-Herrmann, Corinne Büching (eds.), 2013, FabLab. Of Machines, Makers and Inventors, transcript Verlag, Bielefeld; pp. 149-155; traducción de José Pérez de Lama.

Jens Dyvik es uno de las personajes más conocidos de la Fab Lab Network. Formado como diseñador industrial en Amsterdam, entre 2011 y 2013 estuvo de viaje, dando dos vueltas al mundo, de Fab Lab en Fab Lab, pasando en dos ocasiones por el Fab Lab Sevilla donde impartió diversos talleres. En agosto de 2013 presentó en Fab9 Yokohama, el encuentro anual de la red Fab Lab, el documental Making Living Sharing en el que se resume el viaje y el aprendizaje durante sus dos vueltas al mundo. Parte de su trabajo puede verse en http://dyvikdesign.com.













#### cinco pensamientos sobre colaboración global y fabricación digital

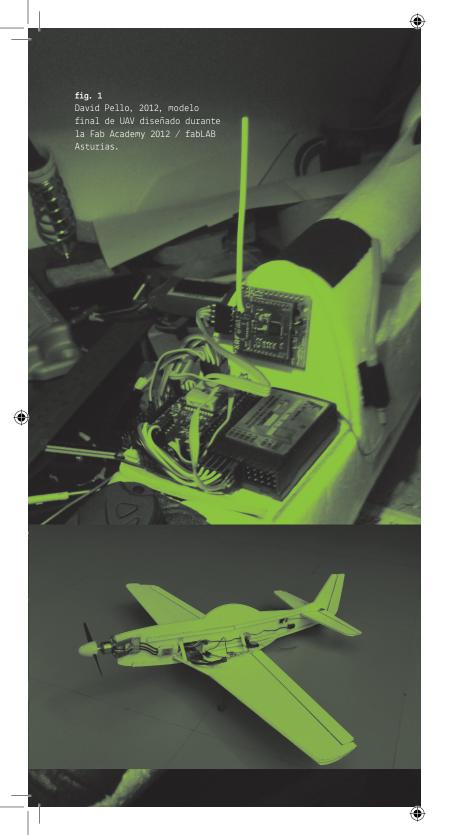
- **5** La documentación es todo. Para que la gente pueda usar y ampliar tu propio trabajo éste tiene que estar accesible. Comparte tus archivos de CAD, las configuraciones de las máquinas, las fotos, las capturas de pantalla y los materiales que has usado.
- 4 Se empático. Piensa en como la gente percibe el conocimiento que compartes. Qué es lo primero que la gente ve cuando abre tu archivo de CAD, en qué secuencia tus fotos cuentan una historia clara, qué información es superflua —a veces demasiada información es desinformación.
- 3 Estate preparado para aceptar lo inesperado. Cuando los proyectos colaborativos funcionan mejor es cuando estás predispuesto a que se produzcan resultados inesperados. Si tienes en mente un objetivo y una metodología muy específicos probablemente te irá mejor si pagas a un equipo para que ejecute tus planes.
- 2 Acaba tus proyectos. Si quieres que la gente use y amplíe tu trabajo será de gran ayuda alcanzar un objetivo específico y completar tu documentación. Los proyectos inacabados difícilmente son asumidos por la sociedad.
- 1 Pásalo bien. A nadie le gusta una situación antipática y el juego es la mejor forma de aprender. No tengas miedo de probar cosas o de proponer ideas tontas, podrían llevar a resultados espectaculares. Cuando algo salga mal, documenta los errores, así todo el mundo podrá también aprender de ellos. Las cosas que salen mal son cómicas y el humor genera el mejor de los ambientes.

## cinco pensamientos sobre ganarte la vida compartiendo tus diseños

- 5 Vende experiencias en lugar de licencias, historias en lugar de productos. La historia de tu proceso de creación es tu principal fortaleza.
- 4 Deja claras tus intenciones cuando publiques. Es posible hacer negocio y que el uso de tus creaciones genere beneficios a pesar de que las compartas. Explica tus intenciones cuando publiques tus diseños y podrás encontrar socios valiosos para hacer negocios.
- **3** No tengas miedo a los fantasmas. La ejecución de una idea es la parte más valiosa de un proceso de creación. Compartir tiende a tener consecuencias mucho más positivas de lo que la mayor parte de la gente espera.
- **2** Pon en juego tu amor y pasión. Ser genuinamente abierto puede ser una gran ventaja. Usa el amor por tu trabajo para seducir y para mantener tu motivación.
- 1 Construye una familia. Construye una pequeña red global de socios en los que confíes. Haz un pacto de caballeros para compartir beneficios y tener cuidado mutuo. Los bosques de los gigantes corporativos están haciéndose cada vez más grandes pero queda aún mucho espacio para el sotobosque colaborativo.

Transcripción de la sección final del vídeo-documental de Jens Dyvik, 2013, Making Living Sharing, disponible en http://www.youtube.com/watch?v=PNr1yBIgQCY [visitado 26.12.2103], traducción al castellano de José Pérez de Lama.









David Pello González

## **TheDrone**

TheDrone es un proyecto de investigación alrededor de los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), sus posibles aplicaciones sociales y artísticas, las comunidades de conocimiento libre que trabajan en su desarrollo, y las posibilidades que aportan los nuevos métodos de fabricación digital y de creación distribuida.

#### introducción

El inicio de las investigaciones sobre las aplicaciones de los UAVs comienza en 1915 en la mente de Nikola Tesla, quien imagina flotas de vehículos voladores de combate no tripulados [1], siendo los primeros intentos reales en 1916 con el Blanco Aéreo de A.M. Low o el Avión Automático Hewitt-Sperry, iniciativas que dan pié a varios desarrollos militares durante la primera y segunda guerra mundial, básicamente aviones a control remoto diseñados para entrenar a los artilleros o pensados para misiones de ataque (conocidos coloquialmente como drones).

Es en la guerra de Vietnam, donde las altas pérdidas de pilotos llevan a la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) a diseñar un plan de uso de UAVs para misiones de reconocimiento y espionaje, surgiendo los primeros diseños con capacidades autónomas reales.

Con los desarrollos de la miniaturización electrónica en los años 80 y 90, el interés en los UAVS con aplicaciones militares crece, lo que lleva al escenario actual en el que son usados por los ejércitos de más de 50 países para misiones de reconocimiento y ataque, lo que ha contribuido a crear un sentimiento general de rechazo a esta tecnología que aparece en el imaginario colectivo como frívola y deshumanizada.





<sup>1</sup> Dempsey, Martin E., 2010, Eyes of the Army. U.S. Army Roadmap for Unmanned Aircraft Systems 2010-2035.



```
//codigo openScad bisagras-hinges de UAV
//by David Pello Fab Academy 2012
module basic_hinge() {
                        translate([15/2,0,0])
                    rotate([90,0,0])
                       rotate([90,0,0])
module hinge b() {
                        hinge_b();
     fig. 2
     David Pello, 2012, código em-
     pleado para el modelado de las
     bisagras del drone, usando el
     software libre openscad.
```

Pero paralelamente al desarrollo militar durante esta época, empiezan a aparecer las primeras referencias al posible uso civil de los UAVs en tareas mucho menos conocidas por el público como la vigilancia, recogida de datos, transporte ligero, investigaciones científicas, control de incendios y plagas, o búsqueda y rescate. Aunque el desarrollo de estas aplicaciones civiles ha estado lastrado hasta hace poco por el costoso acceso a estas tecnologías, que impedía a investigadores y emprendedores trabajar a la par de los desarrollos militares normalmente impulsados por grandes empresas con fuertes raíces en la industria de defensa y contratos multimillonarios, en los últimos años con el abaratamiento de estas tecnologías y la disponibilidad de nuevos medios y procesos productivos, estamos asistiendo al rápido nacimiento de un nuevo nicho industrial en gran medida formado por pequeñas empresas con ideas novedosas, que unido a las investigaciones académicas y al creciente aspecto amateur, sentarán las bases que darán forma al espacio aéreo del futuro cercano.

El interés amateur en los UAVs viene del mundo del aeromodelismo, cuya faceta científica basada en el estudio de la aerodinámica, mecánica, electrónica y diseño de vehículos voladores, da el paso natural a las capacidades de vuelo autónomas, empezando a aparecer los primeros sistemas comerciales tipo piloto automático capaces de mantener la actitud de vuelo de un aeromodelo mediante el uso de sensores integrados en el mismo. Con la llegada de Internet, esta faceta del aeromodelismo que ya había abrazado el modo de trabajo colaborativo con cientos de diseños compartidos en páginas web y foros dedicados al tema, que se mejoraban y probaban en paralelo por una multitud de usuarios, sumado a la aparición de proyectos de hardware abierto como *Arduino* y de métodos asequibles de fabricación digital como impresoras 3D personales y cortadoras láser, ha dado lugar a multitud de proyectos con diseños cada vez más complejos y capaces, y la posibilidad de hacerlos fácilmente replicables ha contribuido a su expansión creando comunidades de conocimiento libre directamente centradas en la tecnología UAV. Estas comunidades, trabajando en sistemas integrados de control autónomo y diseños de aeronaves y complementos con licencias de hardware y software libre, han incluso dado lugar a iniciativas empresariales encargadas de producir y distribuir estas plataformas, o agrupaciones trabajando en su uso civil, como fotografía o vídeo aéreo, cartografía, inspección de cosechas, etc.

Este ecosistema de desarrollo abierto ha creado implementaciones a la altura de proyectos comerciales de grandes empresas, con el valor





añadido de la apertura y la flexibilidad que les da el no estar limitados por restricciones comerciales o de beneficios. Los experimentos realizados por aficionados de todo el mundo están abriendo las puertas a nuevos usos del espacio público y están empezando a concienciar a la opinión pública respecto a las posibilidades de los UAVs amateur, actualmente amenazados por legislaciones ambiguas promovidas por interpretaciones vagas sobre su intencionalidad, o por la presión de lobbys militares o comerciales.

TheDrone pretende recoger toda esta trayectoria del desarrollo abierto de UAVs, contribuir con diseños pensados para su replicación con las herramientas disponibles en la red internacional de Fab Labs, plantear un acercamiento artístico y social a su uso, y reflexionar sobre las posibilidades de la creación abierta y distribuida en el marco de la producción artística y tecnológica.

#### theDrone en el fabLAB

Los primeros pasos del proyecto surgen a lo largo del FabAcademy de 2012 como parte de los proyectos finales del curso, en un intento de realizar pequeños aviones a control remoto desarrollados con las técnicas y materiales disponibles en el Fab Lab. Usando corte láser e impresión 3D consequimos un diseño muy simple pero funcional, que tras varias iteraciones logra un corto pero estimulante vuelo inaugural, lo que nos lleva a pensar en las posibilidades educativas, artísticas, y para que negarlo, lúdicas, de estos dispositivos. Después de probar varios diseños disponibles en Internet pensados para ser fabricados a mano por aficionados, y adaptarlos para fabricación digital, empezamos a plantearnos la posibilidad de dedicar tiempo a investigar las posibilidades que el Fab Lab nos brinda para la fabricación de aeromodelos autónomos, y las posibilidades que estos desarrollos brindan al Fab Lab. FabLAB Asturias, ubicado en LABoral Centro de Arte y Creación Industrial, alimenta en parte a una comunidad de artistas y creadores que empiezan a abrazar estos nuevos medios y técnicas productivas en su trabajo; el poder ofrecerles una herramienta tan versátil, nos daría con seguridad interesantes y desafiantes proyectos en que trabajar, aportando así nuestra experiencia a la comunidad.

El proyecto se articula entonces como una investigación interna a largo plazo, aplicando el conocimiento compartido sobre técnicas de fabricación usadas en la red de Fab Labs, buscando la simplicidad, el bajo coste, y el desarrollo rápido de los sistemas

implicados en un UAV, e implicando a la comunidad local a través de una serie de actividades que incluyen demostraciones, talleres, y trabajo con colaboradores cercanos al fabLAB Asturias.

#### sistemas

Desarrollar una aeronave por pequeña que sea no es una tarea sencilla, y más si se pretende que ésta tenga capacidad de vuelo autónomo. Hay que tener en cuenta multitud de variables y adquirir conocimientos en varias disciplinas como aeronáutica, electrónica, técnicas de fabricación y nociones de pilotaje. Crear pequeños aviones a control remoto es un buen punto de partida, ya que con materiales y técnicas muy sencillas se pueden consequir buenos resultados para paso a paso ir avanzando hasta sistemas más complejos[2]. Un Fab Lab ofrece todos los recursos necesarios para este tipo de proyectos, y gracias a los conocimientos compartidos por estas enormes comunidades de aficionados que han desarrollado increíbles sistemas de bajo coste, un presupuesto limitado es suficiente para empezar a experimentar. Básicamente un UAV se compone de una estructura o aeromodelo, un sistema de propulsión y la electrónica de control necesaria para manejarlo. En la mayoría de proyectos realizados por aficionados se utilizan componentes disponibles comercialmente, y aunque en un Fab Lab podremos fabricar muchos de los mismos como la estructura completa del aeromodelo y algunos de los sistemas electrónicos, hay parte de componentes que por supuesto es más sencillo y barato adquirir comercialmente, como motores, servos, etc.

Para un aeromodelo sencillo de ala fija (un avión), necesitamos pues su estructura (alas, fuselaje, estabilizadores y superficies de control), un motor y una hélice para la propulsión, servos para controlar las superficies de control, y un sistema de comunicación para poder enviar las señales necesarias para poder controlar los servos y la potencia del motor y así poder dirigir el modelo. Con los conocimientos de la red de Fab Labs, construir un sistema de control no es una tarea demasiado compleja, aunque a veces es más sencillo y puede que barato adquirir una emisora de aeromodelismo y sistemas asociados (receptor, variador



<sup>2</sup> Ver por ejemplo el desarrollo para el Fab Academy 2012: http://academy.cba.mit.edu/2012/students/pello.david/classes/ project\_development/side\_project/index.html.

•

de velocidad para el motor, etc). Hay muy buenas opciones, como por ejemplo las emisoras de la serie t9x/9XR, para las que la comunidad ha desarrollado un firmware opensource con enormes capacidades de ampliación, manipulación, y modificación [3].

La estructura puede ser muy sencilla. En fabLAB Asturias comenzamos con simples diseños de alas planas cortadas por láser usando materiales como el depron (espuma rígida de poliestireno extruido) o el cartón pluma, usando los perfiles alares KF [4], muy fáciles y rápidos de construir. Los fuselajes también se pueden construir de estos materiales, creando así modelos ligeros capaces de tiempos de vuelo medios, gran control, y capacidad para empezar a experimentar con otros sistemas más complejos. El siguiente paso es pasar a desarrollar alas con perfil alar real. Una manera sencilla de crearlos es mediante la técnica Armin Wing de Ed O'Beirne [5], que parte de piezas planas dobladas sobre una estructura interna para definir el perfil. Estos perfiles ya proveen mayores sustentaciones y eficiencia, con lo que ya es posible desarrollar modelos de considerable envergadura (1000-2000 mm.), capaces de llevar carga suficiente para la mayoría de sistemas de control, telemetría, vídeo, sensórica, etc.

El siguiente paso es usar técnicas más elaboradas, usando fresado 3D de piezas en espuma para el núcleo del ala, laminándolo después en fibra de vidrio o carbono, o sistemas internos de costillas ligeras cubiertas con piezas de fibra o plástico sacadas de moldes obtenidos por fresado, técnicas más lentas y caras, pero mucho más profesionales y duraderas. Estas estructuras permiten irse a escalas mayores y con ello a sistemas más complejos y con más capacidad.

Una vez tengamos un aeromodelo construido, el siguiente paso es decidir cómo propulsarlo y controlarlo. Para la propulsión, normalmente un sistema de hélice formado por uno o varios motores eléctricos brushless controlados por variadores electrónicos es la mejor opción, ya que son fáciles de instalar y mantener, y nos permiten un amplio rango de potencias y autonomías en función de las hélices, características del motor, y voltaje y capacidad de las baterías utilizadas. Para los modelos más grandes y pesados un motor de explosión es mejor opción, ya que aunque incrementa la complejidad del montaje y mantenimiento, nos dará una autonomía mayor y elimina los largos tiempos de recarga de las baterías.

El control de la aeronave es el punto más importante de todo el sistema en cuanto a UAVs se refiere, y lo que les proporciona su característica capacidad autónoma. Partiendo de los sistemas de radio-control, básicamente un sistema de radio que codifica los controles de un mando en una señal enviada al receptor en el vehículo. que decodifica esta señal y la envía a los accionadores de las superficies de control, sistema de propulsión, y accesorios como luces, trenes de aterrizaje retráctiles, etc. Este sistema de control directo, se mantiene en los sistemas de control de UAVs amateur, pero se complementa con un sistema de piloto automático que se conecta entre el receptor y los sistemas de control de la aeronave. Este sistema puede entonces simplemente dejar pasar las señales de control de un piloto en tierra para manejo manual, o tomar control del sistema en diferentes modos, desde asistir al piloto con estabilización automática o control de altura y velocidad de crucero, hasta modos totalmente automáticos de navegación autónoma controlada por GPS y sistemas inerciales.

Una de las plataformas más usadas por la comunidad de UAVs amateur, es Ardupilot [6], un sistema de hardware y software libre basado en el proyecto Arduino [7], equipado con un sistema inercial de acelerómetros y giróscopos, barómetro y magnetómetro, un preciso receptor de GPS, entradas y salidas preparadas para conectarse a los sistemas de control usados en aeromodelismo, y varios accesorios y sensores externos que nos permiten medir el voltaje y capacidad restante en las baterías, la velocidad del viento, la distancia al suelo con sistemas de sónar, o equipos de telemetría para transmitir a tierra todos los parámetros de vuelo y estado de los sistemas.

Aunque es una plataforma limitada por su capacidad de proceso (un pequeño microcontrolador de 8 bits), el software desarrollado por la comunidad consigue hacer de Ardupilot una excelente plataforma de experimentación increíblemente versátil, capaz de controlar aeronaves de ala fija, helicópteros, multicópteros en varias configuraciones, y con versiones experimentales, rovers terrestres o embarcaciones acuáticas. El sistema se complementa con software de configuración que se ejecuta en un ordenador, desde donde podremos configurar el Ardupilot para nuestra aeronave, programaremos las misiones con trazas GPS, y podremos recibir la telemetría en tiempo real para poder visualizar en todo momento el estado del sistema.





<sup>3</sup> http://openrcforums.com/wiki/index.php/Main\_Page

<sup>4</sup> http://en.wikipedia.org/wiki/Kline%E2%80%93Fogleman\_airfoil

<sup>5</sup> http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1504758

<sup>6</sup> http://ardupilot.com/

<sup>7</sup> http://arduino.cc/



Ardupilot, aunque el más usado, no es el único sistema disponible. Hay otras opciones libres como OpenPilot, o PX4, que añaden características o potencia de proceso, y que seguramente tomarán más relevancia con las crecientes necesidades de estos proyectos. La comunidad online de DIYdrones [8], formada por más de 40000 usuarios registrados, es un increíble recurso documental de este tipo de sistemas y sirve además como escaparate a numerosas empresas que trabajan alrededor de estas tecnologías libres. También existen varios sistemas comerciales como DII Naza o FeiyuTech FY, opciones robustas pero mucho menos versátiles dada su naturaleza cerrada.

Complementando las aeronaves con sistemas de recogida de datos como videocámaras o cámaras fotográficas, sistemas de transmisión de vídeo en tiempo real (FPV), sensores, y otros tipos de carga útil, las posibilidades de experimentación y uso de estos sistemas son increíblemente amplias, convirtiéndolas por un lado en útiles herramientas, y por otro en excelentes recursos educativos sobre multitud de competencias DIY.

#### implicaciones

El espacio aéreo es un recurso fuertemente controlado por los estados en todo el mundo, estando casi completamente restringido su uso por la población civil salvo contadas excepciones como por ejemplo la práctica del aeromodelismo. En muchas ocasiones este fuerte control obedece a razones lógicas de seguridad para evitar conflictos con el tráfico aéreo existente, pero en gran medida está condicionado por el aparato militar de los estados, siendo este el usuario con mayor prioridad sobre el mismo en cualquier escenario. En esta situación, los mecanismos de acceso al uso del espacio aéreo suelen estar llenos de dificultades para el creciente movimiento aficionado y empresarial alrededor del fenómeno UAV, así que las opciones son limitadas. Normalmente los aficionados se ciñen a las normativas del aeromodelismo, aunque en muchas ocasiones los mismos experimentos tienen requerimientos que exceden estas normativas. El caso es que a día de hoy en la mayoría de países no existen normativas específicas para el uso civil del espacio aéreo con UAVs, y aunque en algunos lugares se están empezando a tomar medidas para desarrollar estas normativas, normalmente responden a intereses económicos dejando totalmente de lado los proyectos de investigación

o de aficionados, aquí es donde la importancia de una comunidad organizada y con metas claras es crucial.

Algunas comunidades online como DIYDrones, empiezan también a ser una referencia legal respecto al acceso y uso del espacio aéreo, pero dado su carácter global, muchas veces es difícil encontrar la información relativa al uso local de cada usuario, normalmente mucho más documentada en recursos locales como por ejemplo, en el caso de España, el foro Aeromodelismovirtual [9] dedicado al FPV y uso aficionado de UAVs.

En cualquier caso, y ciñéndose a las normativas propias del aeromodelismo, suele ser una buena idea contratar un seguro específico de responsabilidad civil. Ya existen pólizas concretas que cubren el pilotaje de aeromodelos guiados por sistemas de vídeo (FPV) y similares, dada la creciente popularidad de estos sistemas entre los aficionados al aeromodelismo. No debemos obviar la responsabilidad que conlleva el uso de UAVs, y los daños que estos podrían causar en caso de fallo de los sistemas o error humano. Idealmente las pruebas de nuestros UAVs se realizarán en lugares con pocas posibilidades de causar un accidente, pero en experiencia del proyecto *TheDrone*, los fallos ocurren y un sistema sin control a decenas o cientos de metros de altura, puede salirse de nuestra zona de seguridad rápidamente.

Dejando a un lado la legislación y la responsabilidad que deberíamos asumir, la posibilidad de usar vehículos voladores no tripulados para nuestros proyectos es una fuente de inspiración en parte basada en antiguas fantasías de ciencia-ficción, pero siendo ya una realidad que nos abre las puertas a multitud de posibilidades en ámbitos tan diferentes como el arte, la comunicación, el cuidado del medio ambiente o la cooperación, superando las connotaciones negativas de una tecnología que se encuentra en el preciso momento para que asumiéndola y utilizándola, pase a ser una nueva herramienta para ayudarnos a realizar nuestros sueños.

David Pello González es Fab Lab Manager del fabLAB Asturias, radicado en LABoral Centro de Arte y Creación Industrial, Gijón, Asturias. Tiene una amplia experiencia participando en proyectos y redes en los ámbitos del arte y las tecnologías, haciendo énfasis en el uso y desarrollo de software y hardware libres.



<sup>8</sup> http://diydrones.com/

<sup>9</sup> http://aeromodelismovirtual.com/











# Fab Lab León Yes We Are Open! Fabricación digital, tecnologías y cultura libres

El Fab Lab de León tiene una vida bastante corta. Es el primer proyecto de una Fundación sin ánimo de lucro que se creó dentro de la estrategia de responsabilidad social corporativa de una empresa de ingeniería. El espacio abrió hace apenas dos años con una comunidad inexistente, por lo que la primera labor a la que nos dedicamos fue la de buscar esa comunidad.

Cada Fab Lab hereda la esencia de la organización de la que depende, y, por esa razón, el Fab Lab de León comenzó teniendo un halo ingenieril, cuadriculado, poco creativo. Ésta es precisamente la fuerza que nos hace apreciar la belleza de los proyectos de arquitectura.



Tras una corta convivencia con las máquinas de prototipado rápido, adquirimos cierta soltura con los procesos de fabricación digital.

#### la Fab Academy

Durante el primer año nos embarcamos en el proyecto Fab Academy. Fue un año de retos constantes y de pruebas de autosuperación. Los estudiantes de la FA éramos, ese año, todos miembros de la organización, aprendimos mucho, pero no salimos de nuestro círculo ingenieril.

El segundo año, repetimos la experiencia abriendo las puertas hacia *fabbers* de fuera de la organización. Una experiencia muy enriquecedora, pues a nuestro perfil se añadieron perfiles de arquitectura e informática.

La Fab Academy es un programa de formación semestral muy intenso, requiere mucha dedicación y trabajo personal, especialmente si no se tiene experiencia en las distintas temáticas impartidas.

Cada alumno ya tenía claro el proyecto que iba a desarrollar. Quería destacar sobre todo el gran valor humano de todos los componentes del equipo de la Academy.

Un ejemplo de los proyectos finales que desarrollaron los alumnos se muestra en las Figuras 2, 3, 4 y 5.

#### proyectos de la Fab Academy

Estos son algunos de los proyectos de los estudiantes del Fab Academy 2013:

#### robot R2D2 con control remoto

Para su proyecto final Pablo eligió fabricar un robot controlado remotamente desde un *smartphone*. Para ello construyó el cuerpo del robot en espuma de poliestireno extruido, las ruedas de las patas del robot las imprimió en 3D con ABS y para el control electrónico fabricó su placa Arduino *fabable*, http://fab.cba.mit.edu/content/projects/fabkit/ [fig. 2].

#### dispositivo sensorial de estímulos no conscientes

En este caso *Japi* eligió fabricar un dispositivo capaz de detectar estímulos no voluntarios (sudor, pulso y parpadeo del ojo) y procesar la información transmitida por estos sensores. Con este proyecto, *Japi* fue invitado a participar en la *Maker Faire* de Roma 2013. El objetivo era construir un mapa sensorial con los estímulos que se recibían de un visitante que iba recorriendo los

#### fig. 2

Robot R2D2 con control remoto. Autor: Pablo Núñez [academy. cba.mit.edu/2013/students/nunez.pablo/weeks/final.html].

#### fia. 3

Simulador de terremotos.
Autores: Covadonga Lorenzo y
Epifanio L. Cueva [academy.
cba.mit.edu/2013/students/
cueva.epifanioluis/index.html]
[academy.cba.mit.edu/2013/students/lorenzo.covadonga/index.
html].

#### fig. 4

Sensor de parpadeo del ojo. Autor: Javier P. Contonente [academy.cba.mit.edu/2013/students/contonente.javier/index. html].

#### fig. 5

Sensor de pulso. Autor: Javier P. Contonente [academy.cba. mit.edu/2013/students/contonente.javier/index.html].

distintos stands de la Feria con dicho dispositivo sensorial [figs. 4 y 5].

### simulador de terremotos para estudio de comportamiento de edificios

Cova y Epi unieron sus fuerzas para fabricar este ambicioso proyecto. El objetivo de este proyecto es utilizarlo como recurso educacional en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de San Pablo CEU [fig. 3].

Todos los proyectos de los estudiantes de Fab Lab León pueden consultarse en academy.cba.mit.edu/2013/labs/leon/index.html.

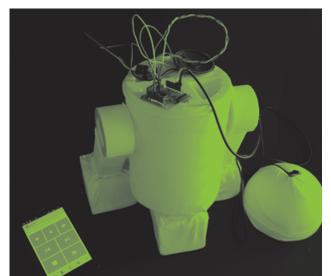
#### el Fab Lab León: sus miembros

La comunidad de FabLab León cuenta en la actualidad con miembros de los siguientes perfiles: Artesanía, Ingeniería, Informática, Arquitectura e Infantil. El



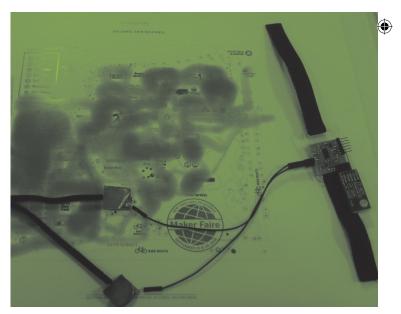
















47





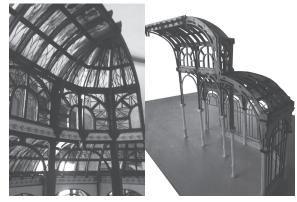




fig. 6

Parte de cabecero de cama para habitación infantil diseñado y fabricado por Rodrigo González Robles.

#### figs. 7 y 8

Reproducción del Palacio de Cristal y detalle de vidrieras. Autor: Alejandro Sáenz de Miera [http://alexplays.tumblr.com/].

#### fig. 9

Generador de Ondas. Autor: Carlos Rodríquez

[http://www.instructables.com/id/Low-cost-waveform-generator/].

Fablab pretende ser un punto de encuentro de personas con inquietudes en hacer cosas, en aprender haciendo y en aprender de los demás.

Se crean sinergias entre los artesanos, que tienen el *know-how* de los procesos tradicionales y del comportamiento de los materiales, y diseñadores que conocen cómo aplicar las técnicas digitales.

Un buen ejemplo de proyecto desarrollado por miembros del Fab Lab León es la reproducción del Palacio de Cristal del parque El Retiro de Alejandro Sáenz de Miera [figs. 7 y 8].

#### documentación de los proyectos

La documentación de los proyectos es requisito imprescindible para cumplir con nuestro compromiso con el Fab Lab Charter [http://fab.cba.mit.edu/about/charter/].

En nuestro Fab Lab, hemos conseguido dar con una fórmula bastante atractiva para los fabbers. La plataforma de documentación es Instructables.com, donde se creó el grupo FabLab León [http://www.instructables.com/group/fablableon/]

Esta plataforma ofrece, además de facilidad y comodidad para realizar la documentación, una forma de dar visibilidad y retorno a los fabbers. Un ejemplo de









ello es el Generador de Ondas totalmente fabable, que obtuvo más de 40000 visitas en los primeros días de publicación de su proyecto [fig. 9].

#### el Fab Lab León: niños y jóvenes

La apuesta más importante de Fablab León son los niños y jóvenes. Entre los niños de hoy están las mentes que gobernarán el día de mañana, y pensamos que si formamos buenos chicos estamos contribuyendo a un futuro mejor.

En esta línea, hemos realizado actividades de Robótica y talleres de arquitectura infantil donde los más pequeños aprenden a diseñar y a fabricar en compañía de un adulto capacitado.

Es asombroso ver cómo niños de 10 años fabrican mobiliario para su habitación [fig. 6], o programan en Arduino con la misma facilidad con que construyen un LEGO. Los niños aprenden jugando.

Entre otras colaboraciones, este año tuvimos el privilegio de participar en el Europe Fab Lab Tour organizado por Heloisa Neves de Fab Lab Brasil para conocer la parte más técnica de un FabLab. Estos estudiantes convivieron con nuestra comunidad y se crearon nuevas sinergias y alianzas, esta vez con otro continente [fig. 1].

Nuria Robles Miguélez es Ingeniero Industrial y Directora/Fab Lab Manager del Fab Lab León. Cesáreo González es Ingeniero y presidente-fundador de la Asociación Fab Lab Iberia. Ambos son fundadores del Fab Lab León, el tercer Fab Lab creado en el estado español. Desde 2013 el Fab Lab León es uno de los nodos europeos de la Fab Academy.















Sara Alvarellos + César García

# Makespace Madrid, un espacio de fabricación digital comunitario

En este artículo expondremos las líneas de trabajo que estamos desarrollando en *Makespace Madrid* como promotores y miembros fundacionales de este espacio de fabricación digital. También describiremos las líneas de investigación y proyectos en marcha dentro de la comunidad de hacedores y desarrolladores del espacio y mencionaremos nuestros objetivos y retos a futuro.

## makespace Madrid: un nuevo espacio de fabricación digital en Madrid

origen del proyecto

Formamos parte del equipo fundacional de Makespace Madrid[1], un espacio de fabricación digital que nace con el objetivo de ofrecer el acceso a una infraestructura de fabricación y prototipado a muy bajo coste a la comunidad de hacedores y desarrolladores de Madrid.

<sup>1</sup> http://makespacemadrid.org









figs. 2, 3, 4
Escenas de las *Open Nights* en
Makespace Madrid.

Makespace Madrid nace para cubrir una necesidad de espacio de taller permanente que identificamos desarrollando diversos proyectos en el marco de la tecnología y la cultura libre en Medialab-Prado [2] desde 2009. En noviembre de 2011, empezamos a desarrollar un proyecto comunitario de monitorización de calidad del aire con hardware libre, y decidimos hacer públicas y documentar nuestras reuniones para el desarrollo de este proyecto.

Las reuniones, a las que acuden personas interesadas en el hardware libre y la tecnología de Internet de las Cosas, se convocan a través del grupo de meetup de "Internet of Things Madrid" [3]. Además, y a través de la red de *meetups* de Internet de las Cosas de otros países, pudimos entrar en contacto con otros grupos de entusiastas de Internet de las Cosas, y visitar sus instalaciones. Así es como visitamos Waag Society (Amsterdam) [4], donde encontramos a un grupo de desarrolladores coordinados dentro de una red nacional de fablabs en pleno crecimiento. Meses más tarde, visitamos Hackspace Londres [5], uno de los espacios europeos con más recorrido y actividad. Su modelo parecía simple sobre el papel: acceso 24 horas al espacio, cargos electos y rotativos, gestión a través de lista de correo y modelo autosostenible a través de cuotas de cinco o más libras al mes; actualmente superan los 600 socios.

A través de esta experiencia, fuimos siendo cada vez más conscientes de la importancia de las infraestructuras y de los ritmos de prototipado que habilitan los espacios de fabricación digital. Con el fin de descubrir más acerca de los métodos y las herramientas, decidimos enrolarnos en Fablab León [6] en el programa FabAcademy 2013 [7]. Fue a la vuelta de uno de los primeros viajes a León cuando sentimos la necesidad de crear, de disponer de un espacio permanente que sirviera como encuentro e inspiración para todas esas personas conocidas o por conocer con las mismas inquietudes creativas.



<sup>2</sup> http://medialab-prado.es/

<sup>3</sup> http://www.meetup.com/iotmadrid/ [VISITADO EL 20/11/2013]

<sup>4</sup> http://waaq.org/en [V. 20/11/2013]

**<sup>5</sup>** https://london.hackspace.org.uk/ [V. 20/11/2013]

**<sup>6</sup>** http://www.fablableon.org/ [V. 20/11/2013]

<sup>7</sup> http://www.fabacademy.org/ [V. 20/11/2013]



Durante varios meses habíamos estado investigando posibles modelos para lanzar el espacio y hacerlo sostenible, pero al final el modelo más adaptable a la realidad madrileña fue el de *Makespace Cambridge* [8] que había nacido como proyecto en el año 2010 en Reino Unido, y cuya filosofía es muy cercana a la nuestra. Este modelo es similar al de *Hackspace Londres*, pero ordenado en torno a tres ejes: seguridad, accesibilidad y generación de oportunidades.

En abril de 2013, abrimos una convocatoria para miembros fundadores de Makespace Madrid, buscando comprobar que la comunidad quería un espacio de fabricación digital donde desarrollar sus proyectos. El rol del miembro fundador en los próximos seis meses sería el de contribuir a la puesta en marcha del proyecto, participar en la toma de decisiones sobre la adquisición de máquinas, y organizar el espacio y las normas de convivencia del mismo. Entre abril y septiembre de 2013, 70 personas fueron poco a poco sumándose y apoyando el proyecto, implicándose como miembros fundadores de Makespace Madrid.

La apertura y transparencia de espacios como Hackspace Londres, y Makespace Cambridge, que disponen de una lista de correo abierta y copiosa documentación en sus wikis nos ha permitido conocer y prever una serie de situaciones que se reproducen en la construcción de laboratorios comunitarios, acelerando enormemente nuestra fase inicial de arranque.

A día de hoy Makespace Madrid, es un espacio de taller con herramientas tradicionales y máquinas propias de la fabricación digital, que posibilita la invención y la producción de prototipos y tiradas cortas. El acceso al espacio y la infraestructura tiene un coste por persona y mes de 30 euros; de esta forma la barrera de entrada al espacio es muy baja, facilitando a un gran número de personas los procesos de invención y producción.

descripción del estado actual de la infraestructura y la producción de experiencia y conocimiento

Actualmente Makespace Madrid cuenta con un equipamiento importante de herramientas tradicionales de corte en madera, taladros y radiales, que han sido donadas por los socios; así como de tres impresoras 3D, dos de la familia RepRap [9] hechas por dos de los miembros de la

El número de miembros que paga mensualmente su cuota de membresía al espacio fluctúa entre las 55 y las 70 personas dependiendo de los meses. Poco a poco vamos llegando a más personas y esperamos en los próximos meses contar con nuevos miembros en la comunidad y llegar a las 90 personas. El mantenimiento de las máquinas existentes, su calibración y puesta a punto está siendo ejecutada por aquellos miembros que según el mes y temporada pueden dedicarle más tiempo al espacio y la infraestructura. El conocimiento generado sobre su uso y particularidades se comparte a través de una wiki interna. Periódicamente se organizan actividades introductorias en los que los miembros más veteranos explican el funcionamiento y medidas de seguridad correspondientes para cada una de las máquinas.

El sistema operativo de los equipos instalados es una distribución de GNU/Linux, y todo el software instalado en los mismos es libre o de código abierto. En las máquinas que requieren software específico, utilizamos licencias Windows donadas por los propios usuarios.

La infraestructura fundamental para compartir el conocimiento generado durante la práctica y para documentar el funcionamiento de máquinas, normas de seguridad, recomendaciones y particularidades de cada máquina, es la wiki [10]. Además se realizan cursos de introducción y capacitación al uso de máquinas de manera periódica en función a la disponibilidad de los miembros con dichos conocimientos y en función a las necesidades existentes por parte de nuevos miembros, o la llegada de nuevas máquinas o herramientas.

Un código de colores denota la peligrosidad de cada uno de los equipos y en la wiki se registra las personas que pueden utilizar cada elemento de la infraestructura según sus conocimientos para manejarlos sin dañarse a sí mismos, al resto de personas o a las máquinas en sí.

Para este proceso de gestión del tiempo y los recursos se utiliza principalmente como canal de comunicación la lista de correo electrónico de los miembros del espacio, a través de la cual se expresan las necesidades, se resuelven problemas y se organizan tareas y encuentros en el espacio en los que se trabaja para resolver el día a día del mismo.



comunidad, y una impresora 3D comercial. También contamos con una fresadora de escritorio pequeña, una cortadora láser de baja potencia y una CNC de escritorio. Nuestra aspiración es disponer de los elementos que se pueden encontrar habitualmente en un Fablab.

<sup>8</sup> http://makespace.org [V. 20/11/2013]

<sup>9</sup> http://www.reprap.org/ [V. 20/11/2013]

<sup>10</sup> http://wiki.makespacemadrid.org/index.php?title=Main\_Page



#### investigaciones en curso

investigaciones en torno a Makespace como espacio y comunidad de fabricación digital

#### herramientas libres para la creación espacios de fabricación digital

Una de nuestras líneas fundamentales de trabajo actual es la documentación de la experiencia en la implantación de este espacio comunitario: desde la distribución por tipo de actividad y herramientas de uso en los 220 m² de espacio del que disponemos, y las normas de seguridad asociadas, hasta las herramientas y hardware y software libre que nos facilitan enormemente la gestión de máquinas y recursos.

Documentar este proceso en castellano, recogiendo las experiencias de otros fablabs y espacios de fabricación en general en Europa, y Estados Unidos, constituye un reto necesario para el nacimiento de nuevos espacios de fabricación digital de diverso índole, necesarios para la comunidad de desarrolladores y hacedores. Este proceso documental también nos permitirá poner en valor las herramientas libres que nos han permitido construir lo que ahora disfrutamos, y poner de manifiesto aquellas necesidades existentes y carencias de las herramientas para promover ciertos desarrollos concretos dentro de este ámbito.

Nuestra práctica en este caso está claramente inspirada en las metodologías propias del software libre, tomando código existente (buenas prácticas pre-existentes en otros espacios), adaptándolo y devolviendo las posibles, con una orientación eminentemente pragmática. Consideramos que hacemos uso de grandes desarrollos de la comunidad y pretendemos devolver en forma de documentación nuestra experiencia para que sirva a otros espacios, como nos ha servido a nosotros la transparencia con la que han implementado Makespace Cambridge.

mantenimiento comunitario de la infraestructura compleja La comunidad creativa, proactiva y tremendamente viva de Makespace Madrid vela, cuida y facilita la puesta a punto y mantenimiento del espacio. Como promotores de este proyecto estamos muy atentos a las dinámicas que favorecen la colaboración y la construcción conjunta del mismo. Esta escucha activa y la atención a estas dinámicas, consiste en sí misma una línea de investigación, sobre la necesidad de implementar estrategias de motivación para fomentar

la participación en el espacio. Hasta ahora esto ha ido ocurriendo de manera contagiosa. Los promotores hemos trabajado para comunicar en cada instante el momento de dificultad con el que nos hemos ido encontrando, y hacer partícipe a la comunidad de la importancia de su colaboración. Así es como cada persona se va implicando en la medida de sus posibilidades, aportando su tiempo y conocimientos al resto, para construir este espacio maravilloso donde fabricar prácticamente cualquier cosa.

transmisión del conocimiento en entornos multidisciplinares La fabricación digital incluye numerosas técnicas diferentes, que pueden estar muy alejadas de las experiencias previas de los nuevos miembros. En este sentido estamos explorando formas de facilitar el acceso y reducir las barreras de entrada. Tratamos de trabajar tanto con la infraestructura física como con las herramientas digitales, identificando competencias fundamentales para sacar el máximo partido al espacio y diseñando actividades que permitan una familiarización con las mismas a través de la práctica.

#### canales de comunicación para un espacio vivo sin gestores a tiempo completo

Makespace Madrid es un espacio enormemente heterogéneo, con un flujo variable de personas cada día y sin un grupo permanentemente presente en el espacio.

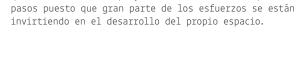
Esta organización compleja presenta nuevos retos en cuanto a los canales de comunicación que resultan óptimos para transferir la información en función de la urgencia, de forma síncrona o asíncrona. En este sentido, consideramos clave la documentación de los avances que se realizan en la instalación de la infraestructura en el día a día.

Nuestro objetivo en este sentido es generar una serie de indicadores claros sobre el estado de la infraestructura en tiempo real, que permita conocer en todo momento el estado de los distintos elementos y los procesos que se están llevando a cabo.

#### proyectos de fabricación digital actualmente en curso

Durante los primeros ocho meses se han arrancado numerosas líneas de trabajo que están cristalizando en varios grupos de trabajo estables. Es necesario indicar que muchos de estos proyectos están dando sus primeros pasos puesto que gran parte de los esfuerzos se están invirtiendo en el desarrollo del propio espacio.









#### construcción de máquinas de código abierto

Uno de los primeros proyectos del espacio fue la fabricación de una extrusora de filamento *Lyman*, para poder reciclar restos de plástico o piezas fallidas de las impresoras 3D[11]. Este tipo de máquinas pueden ser difícilmente justificables para usuarios domésticos, pero tienen todo el sentido cuando se plantean como una infraestructura de reciclaje compartida para todos los miembros del espacio.

Dado que las impresoras 3D son ahora mismo las máquinas más utilizadas, estamos construyendo varias impresoras reprap modelo *Printrbot y Prusa Iteración 3* para que permitan generar varias piezas en paralelo.

Nuestra intención es que estas máquinas impriman nuevos juegos de piezas y se unan al movimiento *Clone Wars* [12] como equipos donantes que permitan el montaje a su vez de nuevas impresoras.

#### internet de las Cosas

Muchos de los miembros fundadores de Makespace eran participantes activos dentro del grupo encuentros de Internet de las Cosas de Madrid y han seguido desarrollando varios prototipos, como displays de leds conectados a Twitter, teléfonos NFC para personas mayores, etc.

Una de las áreas de investigación activas es la conexión de los distintos sensores y actuadores a los teléfonos móviles utilizando la red wifi o conexiones bluetooth low energy.

#### redes de sensores inalámbricas de bajo coste

Hay una investigación en curso en torno a las redes de sensores y cómo reducir su coste. La idea del equipo que lo está desarrollando es conseguir un kit de desarrollo compatible por Arduino[13] con un coste inferior a cinco dólares. Entre los primeros objetivos está la monitorización del espacio para obtener datos relevantes sobre el mismo tales como consumos eléctricos, temperatura, humedad, etc.

#### e-Health

Existe un grupo grande de miembros de Makespace Madrid que están muy interesados en estudiar las posibles

11 http://wiki.makespacemadrid.org/index.php?title=Extrusora\_ De Filamento: Extrusora Lyman [V. 20/11/2013]

12 http://www.reprap.org/wiki/Proyecto\_Clone\_Wars

[V. 21/11/2013]

13 http://arduino.cc/es/

aplicaciones de la tecnología a los campos de la salud y la medicina.

Otro proyecto interesante fue el pastillero conectado, que avisaba a las personas de la hora y cantidad de medicamento que debían tomar utilizando un código de colores. Varios miembros de Makespace Madrid participaron en un hackathon llamado Hack Medicine [14], organizado por el consorcio MIT+Vision, obteniendo un tercer premio.

#### telepresencia cercana

Durante el periodo fundacional del espacio detectamos una necesidad no cubierta. Los horarios de las actividades de taller, normalmente por la tarde, dificultan la participación en los encuentros para las personas con niños pequeños. Aunque no sea una experiencia equivalente, pensamos que sería de gran utilidad crear un carro móvil de telepresencia que permitiera a los socios que no pueden físicamente pasar por el espacio conectar con el resto de personas, charlar, observar de primera mano los avances y proyectos del espacio, etc. Para ello se está prototipando un dispositivo que permita mantener esta «telepresencia cercana».

#### juguetes educativos de código abierto

Un grupo dentro de Makespace Madrid estamos colaborando junto con el estudio *Oblomobka* [15] para el diseño de robots imprimibles en 3D con licencia abierta. Las piezas de los robots están definidas paramétricamente usando *OpenSCAD* [16]. Esto permite que los niños puedan diseñar sus propios robots personalizados y aprender como funcionan las impresoras.

Para niños más mayores, disponemos de unos robots estratégicamente segmentados para poder crear circuitos eléctricos en su interior utilizando plastilina conductiva. Pensamos que disponer de un marco educativo que deje espacio para la creatividad, la personalización y la exploración es esencial para conseguir un aprendizaje efectivo. Esto es lo que tratamos de ofrecer con estas series de robots impresos.



<sup>14</sup> http://hackingmedicine.mit.edu/ [V. 21/11/2013]

<sup>15</sup> http://oblobots.oblomobka.com/ [V. 21/11/2013]

**<sup>16</sup>** http://www.openscad.org/ [V. 21/11/2013]



circuit bending, impresión artesanal de camisetas, impresión de comida, reciclaje de componentes...

Aunque el espacio tiene un enorme potencial para la creación de prototipos y el desarrollo de proyectos, no todas nuestras actividades están orientadas hacia la producción o investigación. Creemos que es importante realizar también actividades lúdicas, con una base importante do-it-yourself, como podrían ser los talleres musicales de circuit bending, la impresión artesanal de camisetas o los maratones de reciclado de componentes, con el que obtener piezas para futuros proyectos.

#### retos a futuro

colaboraciones entre espacios de fabricación digital para resolver problemas y necesidades comunes

Entre las líneas de trabajo a medio plazo se encuentra el desarrollar proyectos en colaboración con otros fab labs, makespaces y diversos espacios de fabricación digital. Dado que estos espacios tienen necesidades y problemáticas comunes, el resolverlas de manera conjunta es una oportunidad para concluir en una solución más inclusiva y real. Por otro lado, el compartir el aprendizaje prueba-error que se produce al implementar los laboratorios de fabricación digital y hacer uso de las máquinas, facilita conocer los errores habituales y actuar para prevenirlos. Un ejemplo notable que sería muy interesante replicar y ampliar periódicamente es la conferencia realizada en FabFuse 2012 por Martin Dudok Van Heel con título Fab Lab Hall of Shame [17] ('El hall de la vergüenza de los Fab Labs'), donde recogían problemas o peores prácticas que habían aprendido tras romper algún componente inadvertidamente.

Otra de las líneas a explorar en este sentido es la creación de documentación específica basada en estándares existentes o extensiones de los mismos para crear contenidos interoperables semánticamente. En este sentido cabe destacar algunas iniciativas como OpenP2P Meta design[18], oManual[19] o FabML[20], así como las extensiones semánticas para Mediawiki, habilitadas en numerosos repositorios.

#### productos fabables y fabricación distribuida

Existe un reto, más propio de los desarrolladores y hacedores creativos que forman parte de la comunidad de Makespace, que del propio laboratorio de fabricación digital, que es convertir nuestros prototipos en productos. Algunos miembros barajan la posibilidad de lanzar un proyecto a través de una plataforma de financiación colectiva, con el objetivo de conseguir fondos para realizar una producción significativa de su producto y comercializarlo. Esta tirada en gran número para poder ser competitiva se realizaría en un sistema de producción tradicional, probablemente en Asia.

El reto sería poder ofrecer desde una red de espacios de fabricación digital, una producción local y distribuida de productos fabables, que además establezcan relaciones con el comercio y los proveedores y materiales propios del lugar en el que se producen. La producción local se produciría en función a las necesidades locales existentes, y la demanda del producto. Promover y facilitar la realización de un proyecto piloto en este marco es una de las líneas de investigación futura de Makespace Madrid.

#### makespace Madrid y Fab Lab Madrid

Pese a que Makespace Madrid es un espacio orientado fundamentalmente para los miembros que conforman su comunidad, pensamos que es enormemente valiosa la apertura a nuevas ideas y desarrollos. Asimismo, a lo largo de estos meses hemos encontrado muy enriquecedor el contacto con otros espacios de la red Fab Lab [21]. Por este motivo, hemos considerado una naturaleza doble para el espacio, basándonos también en el modelo de Cambridge.

Makespace Madrid, abrirá sus puertas a investigadores y desarrolladores externos que quieran poner en práctica la fabricación digital durante un número de horas a la semana. Durante este periodo de tiempo, el Fab Lab Charter [22] regirá la creación en el espacio, al igual que en cualquier otro fab lab. Nuestro objetivo es dar a conocer la fabricación digital por una parte, y por otra dedicar un tiempo concreto y constante para avanzar proyectos con otros espacios de la red de Fablabs que estén trabajando en temas similares.

Este planteamiento supone un auténtico reto puesto que ahora mismo todos los fab labs existentes



**<sup>17</sup>** http://vimeo.com/48702979 [V. 21/11/2013]

<sup>18</sup> http://p2pfoundation.net/Open\_P2P\_Design [V. 21/11/2013]

**<sup>19</sup>** http://www.omanual.org/ [V. 21/11/2013]

<sup>20</sup> http://p2pfoundation.net/FabML [V. 21/11/2013]

<sup>21</sup> http://fab.cba.mit.edu/ [V. 21/11/2013]

<sup>22</sup> http://fab.cba.mit.edu/about/charter/ [V. 21/11/2013]



en el estado español están adscritos a una institución que sostiene sus actividades. En nuestro caso, los miembros del espacio sostendrán esta actividad, para facilitar nuevos encuentros, generar nuevos espacios de oportunidad e impulsar proyectos conjuntos con la red mundial de Fab Labs.

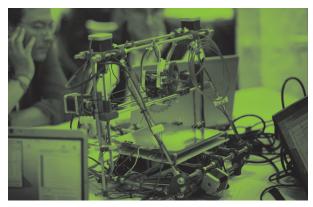
#### conclusión

Makespace Madrid es un experimento en torno a la fabricación digital en múltiples niveles. El espacio es la infraestructura clave en la cual se produce un intercambio de conocimiento, que permite que sus usuarios se vayan formando para ser autónomas en el uso de máquinas y puedan desarrollar sus propias ideas por sí mismos o junto con otros. La estructura dinámica del espacio favorece múltiples procesos, desde la ideación, el diseño, la creación, la producción y por otra parte el aprendizaje, la auto-organización y gestión del proyecto. En cualquiera de estos procesos, la aproximación siempre se realiza de una forma práctica, aprendiendo de los propios errores y compartiendo los logros consequidos.

La base indudable de Makespace Madrid es la comunidad de personas que lo forman, con sus propias personalidades e inquietudes. Sin ellos, estaríamos hablando de un proceso vacío, de un espacio en busca de habitantes o metas. Pensamos que la clave para la longevidad del proyecto y el aprovechamiento del espacio está sin duda en todas estas personas que apoyan el proyecto y que van creciendo con el mismo para acabar construyendo (casi) cualquier cosa, haciendo realidad sus proyectos, sueños y retos, utilizando la fabricación digital por encima de todo como medio de expresión personal.

Sara Alvarellos es arquitecta. César García es ingeniero electrónico. Ambos han colaborado regularmente con Medialab Prado, y son fundadores de Makespace Madrid y de la Red Ibérica de Fab Labs (2013).

Los autores de las imágenes que aparecen en el artículo son Juan Manuel Amuedo y Sara Gómez.







Impresora 3D, modelo *Prusa Iteración* 2; imagen de Juan

Manuel Amuedo.

#### fiq. 8

Pastillero conectado a Internet desarrollado en el hackathon Hack Medicine.

#### fig. 9

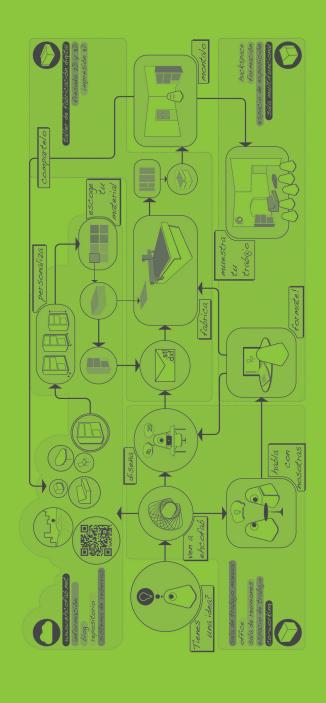
Piezas de *Oblobots* impresas en 3D; imagen de Sara Gómez.











•

fig. 1
Diagrama del funcionamiento del taller donde se explican los distintos grados de intervención que puede adquirir el usuario.

•



Juan José Olmo + José María Sánchez Laulhé + Belén Barrigón

# Ehcofab; fabricación digital, Sur y Crisis. Esbozos para modelizar el análisis de un Fab Lab.

Estableciendo la hipótesis de que un laboratorio de fabricación digital supone una transformación mucho más compleja que la simple implementación de un conjunto de herramientas digitales para los sistemas productivos, el objeto de esta investigación es situar su condición actual como equipamiento urbano, así como su influencia en el tejido creativo-productivo. Esta evaluación implica asumir la realidad compleja y heterogénea en la que se inscriben los Fab Labs. Por ello se pretende desvelar las nociones comunes a todos ellos como entidades individuales y su comportamiento como organismo distribuido en red. En este sentido será muy importante entrever cuales son los agentes inmersos en dichos procesos, así como el papel que desarrollan y las interrelaciones que en ellos se dan.

En primer lugar, habría que asumir que la fabricación digital excede lo que podríamos denominar como una ecología de los Fab Lab, ya que son muchas las vías de desarrollo e interacción social que relacionan dichas tecnologías con lo social fuera del marco de lo que conocemos como Fab Labs. Sin embargo, cabe señalar la potencia de dichos centros como nodos de una red qlobal de (re)conocimiento.

Como primer acercamiento al funcionamiento de este tipo de equipamientos desarrollaremos un análisis crítico de nuestro propio laboratorio, ehcofab. Este viaje hacia el interior de nuestra experiencia nos pone en un punto de partida desde donde podemos aprender a mirar al resto de compañeras que, embarcadas en viajes similares se enfrentan en su día a día a desarrollar una actividad más o menos parecida en distintos contextos.















#### figs. 2 y 3

Primera ruta del *FabMovil* en la ciudad de Sevilla.

#### fig. 4

Taracea para viola de gamba realizada por Pablo Fernández [eldiario.es].

#### fig. 5

Modulo Y durante su presentación en la exposición Diseño a secas. Centro Andaluz de Arte Contemporáneo.









Cuando a principios de 2013 iniciamos el proyecto ehcofab ya llevábamos un año trabajando. En ese periodo comenzamos a participar en determinados actos y encuentros relacionados con la tecnología, el diseño y lo común. Una de aquellas conferencias la titulamos; Fab Lab. Una (Otra) forma de producción del común. Esta afirmación sobrevuela el espacio de nuestro taller en forma de duda. Una duda que en la mayoría de las ocasiones funciona como motor de una práctica especialmente dura (en lo vital) en el actual contexto de crisis económica y política. Ha pasado muy poco tiempo desde entonces, pero para nosotras ha sido un tiempo muy intenso. En este periodo, hemos puesto en marcha nuestro laboratorio; un pequeño espacio dedicado a desarrollarnos como fabbers y a intentar acercar estas tecnologías y modos de pensar a grupos sociales concretos: artesanos, artistas, creadores y ciudadanos en general.

Durante este proceso hemos desarrollado una serie de líneas de acción con el fin de centrar el objeto de nuestro laboratorio. Exponer nuestra experiencia nos ayuda a reformularnos ahora las preguntas que nos hicimos al principio, saber cuales se quedaron fuera, y cuales eran innecesarias.

#### los modelos de producción como contexto a subvertir

El objetivo principal es proponer una alternativa a los sistemas de producción materiales basados en la seriación automatizada en masa. Basándonos en la estructura propuesta por la Fab Lab Network hemos dibujado un laboratorio de fabricación destinado a aquellos que se dedican a la producción material desde la necesidad. Bajo esta premisa de llevar la fabricación digital a un estado de pragmatismo, se pretende hacer más difusos los binomios prototipoproducto, investigación-práctica profesional, diseñadorconsumidor [fig. 1, pág. 58].

Durante la experiencia de este primer año podemos concluir lo siguiente:

» El acercamiento al sector artístico/artesanal ha dado lugar a un buen número de proyectos de diversa naturaleza. Este sector, que en principio nos parecía menos accesible se ha mostrado muy abierto en la incorporación de las tecnologías digitales de producción. Esto ha dado lugar a proyectos muy interesantes en los que las trazas de las tecnologías son a veces casi imperceptibles dentro del conjunto de la obra.

» La práctica profesional está transformando continuamente nuestra visión de la investigación. Hemos detectado una larga distancia entre los proyectos de investigación y la realidad cotidiana. Esto nos está conduciendo a desarrollar nuevas líneas basadas en metodologías de investigación situada. » La ruptura de las inercias que nos sitúan como meros consumidores están íntimamente ligadas a cómo entendemos el binomio prototipo-producto. Esto está normalmente inducido por dos factores clave: Un desconocimiento esencial del modo de apoderarnos de nuestros medios de producción material y una terrible carencia del tiempo necesario para hacer frente a lo primero.

#### modelo de gestión

La Fab Lab Network propone una serie de recomendaciones que regulan el funcionamiento de este tipo de equipamientos. Sin embargo no hay ninguna pauta en cuanto a financiación y a modelo de relación institucional. Inicialmente la mavoría de Fab Labs pertenecían a grandes instituciones públicas y/o privadas (entiéndase universidades, centros de investigación, centros de arte, etc.). Sin embargo, en los últimos años esta dinámica ha variado notablemente, dando lugar a fórmulas nuevas que, aunque forman parte de la red, tienen objetivos y modelos de gestión muy distintos. Probablemente los más interesantes son aquellos que proponen hibridaciones entre la organización colectiva y lo que en el último año se vienen denominando como «minifablab». Nuestro laboratorio se asimila a este segundo tipo.

Esta decisión conlleva una serie de ventajas e inconvenientes. Las principales ventajas son aquellas que nos liberan de rendir cuentas a una institución determinada. Los inconvenientes son básicamente económicos. Esto quiere decir que el proyecto debe tener un rendimiento económico positivo para garantizar su supervivencia.

Esto conlleva algunas problemáticas a la hora de desarrollar determinas actividades como por ejemplo la formación no reglada o los proyectos de vocación social. En este sentido hemos tomado la decisión de establecer relaciones puntuales con determinadas instituciones para la formación, o la búsqueda de modos alternativos de financiación como el crowdfunding (proyecto FabMovil 00) [figs. 2 y 3] o el trueque (Mobiliario Mercao Social La Rendija).









#### el espacio físico como lugar de encuentro

Una de las primeras decisiones que tomamos cuando decidimos poner en marcha ehcofab era donde queríamos situarnos. Nuestro objetivo era acercarnos a colectivos alejados de estas prácticas. Esto nos llevó a situarnos en la zona norte del casco histórico de Sevilla. Este barrio se caracteriza por haber sido un centro importante de la actividad artesanal de la ciudad y dar cabida a varios de los movimientos sociales más significativos de la misma. Aunque actualmente es un barrio muv afectado por la gentrificación, aún son tangibles las huellas de ambas tradiciones. Huellas suficientes para pensar en el laboratorio como un espacio donde promover estas trazas (en extinción) a través de nuevas herramientas. Dentro de esta perspectiva hemos comenzado a participar como espacio dentro de determinadas redes de distinto carácter que nos ponen en contacto con las distintas realidades de nuestro entorno local. El espacio ha acogido encuentros como las Jornadas Uruguay-Andalucía sobre procesos cooperativos o el Sevilla Design Walk.

#### modelo de red

Otra de las líneas de acción es cómo gestionar nuestro proyecto a través de las redes. En este sentido teníamos dos opciones básicas; tomar todas las herramientas disponibles en la nube (redes sociales, blogs, email, etc.) o crear una plataforma capaz de darnos la opción de aglutinar algunas de estas herramientas y sumar otras propias que nos permitieran desarrollar ciertas investigaciones que ya teníamos en marcha. Éste es el caso del repositorio. Una de nuestras líneas principales de investigación es la de esclarecer cuales serían los protocolos adecuados para compartir la instancia digital de un objeto físico determinado, teniendo en cuenta todas las variables derivadas de los sistemas de diseño, fabricación y postproducción. Para ello hemos desarrollado una herramienta dentro de la web donde intentamos profundizar en los trabajos realizados anteriormente por otras plataformas como thingiverse, ponoko o instructables. Aunque estas plataformas están principalmente enfocadas en la impresión 3D han sentado ciertos precedentes en cuanto a protocolos se refiere. Otras referencias interesantes son las propuestas por *Open Desk*, una plataforma donde compartir diseños de mobiliario para fresadora CNC. En nuestro repositorio hemos desarrollado una serie de campos que complementan este conocimiento acumulado con una serie de datos relativos a los aspectos más instrumentales como

cualidades de la maquinaria utilizada o recomendaciones sobre tratamientos de postproducción.

#### proyectos propios

Otra de las cuestiones que nos llevó a poner en marcha *ehcofab* fue el deseo de desarrollar una serie de proyectos (por iniciativa propia) que requieren de la maquinaría y el espacio para la experimentación. Podemos definir estos proyectos dentro de tres categorías:

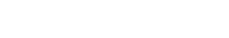
diseño genérico para una materialidad compartida
A partir de nuestra participación en el Fab Lab
Sevilla, y en el proyecto Fabbing CC, iniciamos un
proceso de investigación basado en la búsqueda de las
particularidades que implica trasladar los conceptos del
software y el hardware libre a nuestro entorno material
más inmediato. En paralelo a nuestra investigación se
vienen desarrollando una serie de trabajos similares
bajo el paraguas del Open Design. En este sentido
hemos desarrollado proyectos, aunque quizás los más
interesantes se refieren a mobiliario abierto.

Uno de estos proyectos es el módulo Y, un sistema de almacenamiento fundado en uniones basadas en la estereotomía que no utiliza ningún tipo de anclaje y permite al usuario/diseñador realizar múltiples configuraciones sin necesidad de intervenir en el código del diseño. Es en este tipo de proyectos donde herramientas como el repositorio adquieren una dimensión capital, ya que el rigor de una documentación adecuada nos permite que el diseño sea extrapolable a otros contextos materiales. Actualmente se han desarrollado tres instancias de este proyecto, encargadas como producto, lo que nos indica que hay factores externos como el tiempo (no disponible) o el conocimiento (procesos de posproducción) sobre los que es importante intervenir para conseguir un entorno en el que compartir sea una práctica viable.

#### proyectos singulares

Este tipo de proyectos se ha transformado en una constante desde que iniciamos ehcofab. La capacidad de incidir en todas las fases del proceso productivo, desde su concepción hasta su materialización nos permite desarrollar trabajos con un carácter explicito de diferenciación. En este sentido hemos acometido trabajos de muy distinta escala, desde pequeños objetos hasta arquitectura. Actualmente estamos desarrollando el revestimiento de una fachada con un sistema de costillas. Una de las cualidades importantes de acometer







este trabajo es enfrentar un sistema que habitualmente utilizamos como prototipo a una serie de exigencias (durabilidad, resistencia o seguridad) propias de un producto. La traslación e hibridación de sistemas constructivos estándares y personalizados conllevan un proceso de investigación basada en dos aspectos fundamentales: técnicos y económicos.

#### procesos de aprendizaje e investigación

En ehcofab afrontamos los procesos de aprendizaje e investigación desde una postura crítica hacía nuestras propias prácticas. En este sentido intentamos trasladar nuestra experiencia como fabbers, emprendedores tecnológicos o consumidores de hardware libre. Un primer acercamiento es el de situar el conocimiento adquirido. Así podemos diseñar proyectos de investigación con un marcado retorno social, a partir de las carencias e incertidumbres previamente detectadas.

Actualmente estamos desarrollando Fab Movil 00. Este proyecto consiste en un dispositivo móvil para la socialización de las tecnologías de impresión 3D en nuestras ciudades, partiendo del espacio de Sevilla. El planteamiento es generar un evento lúdico-festivo por la ciudad que haga de la autoproducción una realidad más cercana para nuestras vecinas. Entre nuestros objetivos como equipo, uno de los principales es conseguir que penetren estos otros modos de hacer ciudad, hasta que no sea necesaria esta interpelación y podernos considerar un equipamiento de barrio al 100%.

Este evento se genera a partir de un dispositivo móvil que consiste en el reciclaje de una bici-carro para transportar una *RepRap i2*, un *Fab Scan* y un núcleo de generación eléctrica. Además se han realizado una serie de acciones previas con el objeto de esclarecer las potencias y limitaciones de estas tecnologías dentro de entornos y colectivos concretos. Actualmente se han desarrollado dos rutas en la ciudad de Sevilla y a principios de 2014 se iniciará una gira por la provincia de Málaga, lo que nos permitirá profundizar en las actuales relaciones entre la ciudadanía y la impresión 3D, más allá del boom mediático que se ha producido en los últimos años.

Este proyecto ha sido financiado a través de crowdfunding en la plataforma goteo.org. Esto también nos ha permitido explorar el funcionamiento de estas otras formas de cofinanciación.

La escritura de este texto nos ha hecho reflexionar sobre una serie de cuestiones centrales: ¿Cual es el papel real de este tipo de equipamientos dentro de nuestra sociedad? ¿Hemos llegado a un punto en el que tienen utilidad más allá de un ámbito educativo-investigador?

¿Excede esta actividad el dominio del ocio productivo? ¿Es posible utilizar esta herramienta para romper las dinámicas impuestas por la gran industria? ¿Cuales son hoy los límites entre el conocimiento libre y el mercado?

#### bibliografía

GERSHENFELD, Neil. Fab. The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Fabricaction, Basic Books, Nueva York, 2005.

LATOUR, Bruno. De la mediación técnica: filosofía, sociología, genealogía. 2002. Revista Oeste, nº16, 2002.

OLMO BORDALLO, J.J. y SÁNCHEZ LAULHÉ, J.M. «Fabbing CC. Fabricación digital y gestión del pro-común», en: Gutiérrez de Rueda M., Pérez de Lama et al. (ed.), 2011, FabWorks. Diseño y Fabricación digital para la arquitectura, págs. 74-81, ETSA Sevilla.

RAUNIG, Gerald. Transformar el aparato de producción, 2010. [www.eipcp.net].

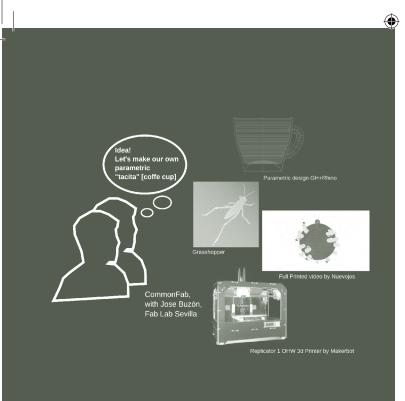
TROXLER, Peter y WOLF, Patricia. Bending the Rules. The Fab Lab Innovation Ecology. Comunicaciónn presentada en 11th International CINet Conference, Zurich, 5-7 Septiembre 2010.

#### referencias web

http://fab.cba.mit.edu
http://fablabinternational.org
http://www.fab9jp.com
http://opendesignnow.org
https://www.opendesk.cc
http://www.instructables.com
http://www.thingiverse.com
https://www.ponoko.com

Juan José Olmo, José María Sánchez Laulhé y Belén Barrigón son arquitectos. Olmo y Sánchez Laulhé están llevando a cabo sus doctorados en la Universidad de Sevilla en materias relacionadas con el tema de esta publicación. Los tres son fundadores del laboratorio de fabricación digital ehcofab, radicado en la Alameda de Hércules, Sevilla. Su proyecto CommonFab, antecedente de ehcofab, fue premiado en el concurso de spin-offs de la Universidad de Sevilla de 2012.







•





Heloisa Neves

# FabTeletransportation, un proyecto de Open Design

#### contextualizando el proyecto

El proyecto FabTeletransportation nació de una conversación entre la autora y José Pérez de Lama, director del Fab Lab Sevilla, cuando tomábamos café durante mi primera visita a la ciudad, en abril de 2012. Fue un feliz encuentro de ideas, debo decir. Cuando volví a Sevilla para una estancia de investigación en el Fab Lab, en septiembre de ese mismo año, decidimos llevar a la práctica el proyecto, contando ahora con la ayuda de un brillante equipo de colaboradores.

A pesar de ser muy sencillo en la ejecución, el proyecto planteó una reflexión crítica de cierta profundidad sobre los conceptos de *Open Design*, inmaterialidad de los productos digitales, co-creación y producción distribuida.

El interés de los planteamientos se puso en evidencia en la presentación del proyecto en dos eventos de alcance internacional: La Noche de los Investigadores de Sevilla (promovida por el VII Programa Marco de la UE) y la Fab Lab Tolouse Conference (Francia), en la que participaron los principales Fab Labs de Europa, y algunos más de EU.





fig. 3 Cartografía esquemática del proceso de teletransportación con las diferentes tazas producidas en el proceso. Imagen de Yolanda Rendón.





#### un proyecto conceptual y práctico

Inspirado inicialmente por el vídeo, Full Printed[1], en el que se presenta un futuro hipotético de los nuevos procesos de fabricación digital, el proyecto FabTeletransportation intenta hacer realidad, o tal vez lo haga, de una manera lúdica, el anhelo de la teletransportación.

En la práctica, el proyecto consistió en la distribución de un archivo con la definición paramétrica de una taza [2], para su personalización y fabricación, usando impresoras 3D, en diferentes lugares del mundo. O sea, distribuimos código, globalmente, para ser reproducido, alterado y fabricado, localmente, en diversos laboratorios de Europa y Latinoamérica. El resultado del proceso era la teletransportación de una taza, de una misma taza desde un punto de vista topológico, entre diferentes partes del mundo.

Para que pudiera entenderse fácilmente el proyecto y pudiera llevarse a cabo de manera similar por todos los participantes, enviamos mails a laboratorios amigos con unas sencillas instrucciones —además de publicarlas en Facebook y otros medios digitales—. Con estas instrucciones, y un calendario para la coordinación, los potenciales socios podían empezar de inmediato con la teletransportación. Y así efectivamente lo hicieron. El manual de teletransportación era el siquiente:

Fab Teletransportation. Cómo participar - instrucciones

1 Descarga el archivo little\_cup\_[tacita]\_parametric\_file[3] y modificalo hasta que encuentres una forma que te agrade.

- 1 https://vimeo.com/12768578. Otras fuentes de inspiración para el proyecto fueron una conversación en 2008 entre J. Pérez de Lama y Pedro Soler, entonces director de Hangar en Barcelona, quien sugirió la idea de teletransportación en relación con la impresión 3D, y un taller de diseño paramétrico impartido por miembros de Fab Lab y CommonFab en LABoral Centro de Arte y Creación Industrial en el verano de 2013.
- 2 La elección de la taza como objeto a teletransportar conectaba con uno de los referentes de ciertos entornos fabber como son las máquinas sintetizadoras de materia que se utilizan con diferente éxito en A Hitchhiker's Guide to the Galaxy y Star Trek, ambos citados, por ejemplo, por N. Gershenfeld en su libro de 2007.
- **3** El archivo paramétrico en *Grasshopper* continúa estando disponible para su descarga en el blog http://htca.us.es/blogs/fabteletransportation.

- 2 Fabrícalo en una impresora 3D.
- 3 Dale un nombre.
- 4 Haz un vídeo corto del proceso con tu teléfono móvil, y súbelo a *Vimeo*, *DailyMotion* o *Youtube*, y envíanos el enlace.
- **5** Haz una foto de ti mismo con la tacita y envíala
- o súbela a algún lugar y nos remites el enlace.
- **6** Envíanos también la información de cómo quieres ser mencionado en el proyecto, nombre del laboratorio, logo y nombres de los participantes.
- **7** Nota adicional: El proyecto será licenciado con Creative Commons Attribution Share Alike.

#### sobre el archivo paramétrico

El archivo que enviamos contenía un diseño sencillo de una taza parametrizada hecho con *Grasshopper* [4], incluyendo un interfaz visual para la manipulación de los parámetros, especialmente preparado para un uso intuitivo y fácil. El interfaz permitía a los participantes, aún sin tener conocimientos de *Grasshopper*, personalizar su objeto, y por tanto co-crearlo.

#### participantes en el proyecto

Finalmente, contamos con la participación de nueve laboratorios de alrededor del mundo que co-crearon con nosotros y fabricaron sus propias tacitas, derivadas de la original que habíamos enviado de partida. La mayor parte de los participantes eran amigos de la red, aunque al menos dos, de Lyon y Venezuela, se incorporaron al proceso vía las redes sociales, sin que los hubiéramos conocido con anterioridad.

La lista de laboratorios y fabbers participantes es la siguiente: Fab Lab Sevilla, España; Heloisa Neves, Camila R. Maggi, Yolanda Rendón, Fran Díaz, David Blasco, José Pérez Fenoy, Juan Carlos Pérez, José Buzón, Juan Carlos Venegas, José Pérez de Lama. Fabrique d'Objets Libres, Lyon, Francia; Samuel Javelle e Stéphane Chaumier; Fab Lab Kids, Brasil; Alex Garcia a Kids Team. Fab Lab São Paulo, Brasil; Eduardo Lopes. Merida Lab, El Valle, Venezuela; Alejandro Balza. Ultralab, Madrid, España; Gustavo Valera e Daniel Pietrosemoli; Common



<sup>4</sup> Los autores del archivo paramétrico y de la interfaz de usuario, utilizados en *FabTeletransportation* son *CommonFab* y José Buzón González.

**(** 

Fab, Sevilla, España; Juanjo Olmo, José M. Sánchez Laulhé, Belén Barrigón; Fab Lab Colombia, Medellín; Gabriel Ochoa. Fab Lab Barcelona, España; Santi Fu. Algunas de las tacitas teletransportadas y sus autores pueden verse en la figuras que acompañan este texto.

#### licencia, créditos, co-autoría

Intentar plantear la autoría de un proyecto de cocreación como el planteado resultó de interés. Intentamos plantearlo así:

El proyecto y la información relacionada se distribuye con la licencia *Creative Commons Attribution Share Alike*. Los créditos corresponden a los siguientes autores: Archivo original de *Grasshopper*,

José Buzón González, 2012

 ${\tt Idea\ original\ para\ \it FabTeletransportation:}$ 

Pedro Soler, 2012

Idea original para la impresión 3D distribuida de taza: Nueveojos, 2010, Full Printed (vídeo)

Proyecto derivado de Full Printed:

Diseño de taza para el taller *Diseño paramétrico para* la fabricación digital: Fab Lab Sevilla – José Buzón & CommonFab, 2012

Proyecto derivado de los anteriores:
FabTeletransportation: Fab Lab Sevilla & Heloisa
Neves, Fab Lab Kids Brasil, Fab Lab São Paulo, Fabrique
d'Objets Libres, Ultralab + Ultrabot, El Valle Merida Venezuela, CommonFab & Fab Lab Barcelona.

En la lógica del Free/Libre Open Source y de las licencias CC, pedíamos en la publicación de los créditos que los posibles proyectos derivados citarán los créditos que dábamos para el proyecto.

Pensando, sin embargo, en los diferentes elementos y procesos que habían hecho posible el proyecto se nos planteaba además que por ejemplo los autores de Rhinoceros y Grasshopper, Bob McNeel y David Rutten y colaboradores tenían una parte importante de la autoría. Y por el lado del hardware, en nuestro caso habiendo usado la Makerbot Replicator, entonces distribuida como hardware libre, también había que dar créditos a los compañeros de Makerbot Industries, y a la comunidad; y siendo esta máquina a su vez un producto derivativo de la RepRap, pues habría que dar igualmente una cierta parte de la autoría a Adrian Bowyer y a la gran comunidad internacional en torno al proyecto de

impresoras 3D autorreplicantes [5]. Esta reflexión, que surgió por un debate interno sobre quién y cómo debía aparecer en los créditos del proyecto, nos hizo ver una vez más como nuestras aportaciones son con la mayor frecuencia inseparables del conocimiento y las prácticas compartidas desarrolladas por la red, o lo que algunos denominan los creative commons.

#### de la práctica a la reflexión crítica

El diseño está entrando en una nueva época. Aún no consolidado, pero bastante utilizado y discutido, lo que algunos denominamos open design puede verse como uno de los principales motores de los cambios más relevantes en los procesos de diseño, que tienen que ver con la desmaterialización de los objetos [Sterling, 2005], y que supone la alteración de los procesos de creación, producción y distribución de los productos.

#### el Open Design

A pesar de que el término «open design» es una creación reciente y todavía en desarrollo, se trata de un concepto antiguo y evoca proyectos en el que ideas, mejoras o descubrimientos experimentales sobre un proceso de producción o sobre herramientas son regularmente compartidos, permitiendo su libre distribución y provocando así la expansión acelerada del conocimiento. La diferencia más destacada entre un proceso tradicional y un proceso open, es el desplazamiento de la centralidad de la originalidad que viene a ser sustituida por la co-creación.

Algunas definiciones. Según Caroline Hummels [2011] el open design sería una práctica del diseño en el que un grupo de personas de diversas áreas genera oportunidades y desarrolla soluciones conjuntamente, en una comunidad abierta basada en el respeto por las habilidades y conocimientos individuales. Paul Atkinson, en su artículo Orchestral Manouvres in Design [2011], complementa la afirmación de Hummels argumentando que el open design va más allá de la creación por parte de un grupo de especialistas para ser un ejercicio creativo



**<sup>5</sup>** Para una introducción al proyecto y a la historia inicial de *Makerbot Industries* ver: Bre Pettis, 2011, *Made in My Backyard*. Sobre el proyecto *RepRap* puede verse *http://reprap.org*.



figs. 4 y 5 Modelo de taza generada con el archivo de Grasshopper y estudio de variaciones paramétricas con el archivo base de Grasshopper.



figs. 6 y 7 Modelo de taza, Fab Lab Colombia, y copas de champaigne; Fabrique d'Objects Libres, Lyon.





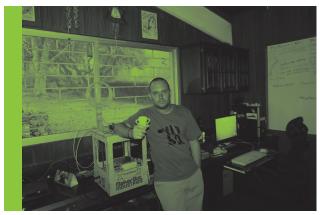
























#### figs. 8 a 15

Heloisa Neves con espectador en La Noche de los Investigadores, CICUS, 2012; Eduardo Lopes Fab Lab Sao Paulo, Alejandro Balza, de Medialab El Valle, Mérida, Venezuela; segunda fila: Fab Lab Kids Sao Paulo; tazas Ultralab, Madrid, con Daniel Pietrosemoli y Gustavo Valera; tercera fila: Juanjo Olmo de CommonFab, Sevilla; Santi Fu, Fab Lab Barcelona y tacita Fab Lab Sevilla.

que promueve el intercambio de conocimiento entre diseñadores profesionales y amateurs, rompiendo las barreras tradicionales e innecesarias entre ambos.

Aún siendo un proceso de producción que emerge con las nuevas herramientas de diseño y fabricación digital y el trabajo en red, autores como Meyer (2003) citan diferentes ejemplos históricos, desde los inicios de la Revolución Industrial a la emergencia del software libre y open source, que demuestran que no se trata de un fenómeno totalmente nuevo[6].

El software libre y open source [7] sería sin duda el referente contemporáneo que da lugar a la existencia de y a la denominación de open design. Si el código fuente (source code) del software propietario o cerrado es legible y modificable sólo por sus creadores y/o propietarios, el movimiento open source se planteó compartir el código fuente, no limitándose a disponibilizar una interfaz. Los desarrolladores de software open source, publican el código fuente

6 Meyer, en su texto *Episodes of Collective Invention* (2003); define la invención colectiva como el proceso de desarrollo de una nueva tecnología a través de la discusión abierta en el marco de una red social. En este texto describe diversos procesos que van de la evolución de las máquinas de vapor a principios del siglo XIX, a la creación de los ordenadores personales en la década de 1970, como casos de innovación colectiva no suficientemente conocidos como tales, y a pesar de esto, de gran relevancia histórica y económica. 7 Para una explicación detallada del proceso de invención y desarrollo del software libre open source pueden consultarse Stallman, 2004, y Kelty, 2008.

habitualmente a través de la red, haciendo posible y legal tanto el uso del software por todo tipo de usuarios, como la modificación del código fuente y su redistribuación por parte de usuarios expertos que se convierten así en co-desarrolladores. Entre otras bondades, esta forma de producción distribuida posibilita mejoras continuas por parte de múltiples programadores. El uso de Internet, un medio de gran velocidad y facilidad para reunir a un gran número de colaboradores es parte fundamental de la potencia del modelo. La facilidad de diseminación de datos e ideas demostrada por el movimiento del software libre es la que también plantea usar el open design.

Conceptualmente, el open design supone la aceptación de que la creatividad y la innovación brotan con mayor fluidez de estructuras que en sí mismas abrigan nuevas formas de percepción y acción. La adopción del principio de co-creación en sustitución del de la originalidad se basa en la creencia en que las ideas se generan necesariamente a partir del acervo histórico y cultural común. El open design redefine paradigmas y supera barreras culturales, como la de la compartimentación de los proyectos. Responsabilidad, confianza y reciprocidad son ingredientes importantes de una cultura abierta. También supone la valoración del otro, cuyos valores, conocimientos, experiencias y habilidades son reconocidos como un enriquecimiento del proceso creativo, en contraste con los habituales procesos centrados en la individualidad.

Estas cuestiones, no obstante, están lejos de estar completamente resueltas y son objeto de múltiples obstáculos y cuestionamientos. Al final, ¿qué es lo que anima a los participantes en estos nuevos modelos de equipos a compartir informaciones que antes eran tratadas como sigilosas o particulares y a confiar en la red de colaboración, abriendo sus procesos de trabajo sin saber que resultados obtendrán? Howard Rheingold [2002] escribe que por ahora lo que anima a los participantes «es la confianza en la red, en mayores oportunidades de conocimiento y de sociabilidad». Aunque además, a partir de un modelo de negocio bien estructurado, en ciertas circunstancias el retorno puede también aumentar [Tapscott; 2006, 2010]. Refiriéndonos más directamente al proceso productivo, entendemos que unos de los componentes fundamentales del open design son sin duda las tecnologías de fabricación digital. Es por medio de las máquinas de prototipado (impresoras 3D), corte láser y mecanizado CNC que los objetos inmateriales llegan a materializarse. Si antes los productos eran fabricados









Imagen promocional del proyecto insipirada en Alicia en el País de las Maravillas, de Tim Burton, con el equipo de proyecto en el Fab Lab Sevilla, de izquierda a derecha, José Buzón, David Blasco, José Pérez de Lama, Heloisa Neves, Camila Maggi, Juan Carlos Pérez, Juan Carlos Venegas, Yolanda Rendón, Fran Díaz Montero y Jose Pérez Fenoy.

#### fig. 18

Parte del equipo preparando el cartel promocional, con imagen de Ada Lovelace.









en serie — o en masa — dentro de grandes fábricas y sin posibilidad de ninguna alteración por parte de los usuarios, en el *open design* lo que se distribuye es el código, para que los usuarios produzcan localmente sus productos, haciendo posible lo que se ha venido denominando *customización en masa*.

Para concluir mencionaré a Ronen Kadushin, que reúne teoría y práctica en su trabajo. Kadushin dirige un estudio de diseño, basado en Berlín, que utiliza el open design como modelo de negocio. El diseñador define el open design como un método basado en los principios del open source, que inserta el proceso de diseño dentro de un movimiento social y colaborativo, legitimando maneras de compartir la creatividad. Lo que determina, para Kadushin, la novedad del open design con respecto al diseño tradicional es el uso de la información digital, que permite el intercambio a escala mundial. Este potencial, conectado a la flexibilidad del diseño digital y al uso de los métodos de producción CNC, hace que el diseño pueda hacerse compartible, accesible y económicamente viable, tanto para el diseñador, como para el usuario y el pequeño productor local. Cerramos puescon la manera en que lo expresa el propio Kadushin (2010):

Es inminente una revolución en el desarrollo, la producción y la distribución de productos debido a la naturaleza disruptiva de Internet y el fácil acceso a la maquinaria CNC. El Open Design es una propuesta para hacer que esto suceda. Su objetivo es transformar el Diseño Industrial para hacerlo relevante en una sociedad de la información conectada globalmente.

#### bibliografía

Paul ATKINSON, 2011, «Orchestral Manouvres in Design», en: Bas van Abel, Lucas Evers, Roel Klaasen, Peter Troxler (ed.), 2011, Open Design Now. Why Design Cannot Remain Exclusive, Bis Publishers, Amsterdam; págs. 24-31.

Caroline HUMMELS, 2011, «Teaching Attitudes, Skills, Approaches, Structures and Tools», en: Bas van Abel, Lucas Evers, Roel Klaasen, Peter Troxler (editors), 2011, *Open Design Now. Why Design Cannot Remain Exclusive*, Bis Publishers, Amsterdam, págs. 162-167.

Ronen KADUSHIN, 2011, Open Design Products in a Networked Culture. An Industrial Design Education Program, disponible en: http://www.ronen-kadushin.com/files/1113/4537/4798/0pen\_Design\_education2011-s.pdf [VISITADO EL 31.12.2013]
Ronen KADUSHIN, 2010, Open Design Manifesto, http://www.ronen-kadushin.com/files/4613/4530/1263/0pen\_Design\_Manifesto-Ronen\_Kadushin\_.pdf [V. 31.12.2013].

Christopher KELTY, 2008, Two Bits. The Cultural Significance of Free Software, Duke University Press, Durham y Londres.

Peter B. MEYER, 2003, Episodes of Collective Invention, U.S. Bureau of Labor Statistics Office of Productivity and Technology, en: http://ifipwg213.org/system/files/meyer.pdf [V. 31/12/2013].

Bre PETTIS, 2011, «Made in My Backyard», en: Bas van Abel, Lucas Evers, Roel Klaasen, Peter Troxler (editors), 2011, Open Design Now. Why Design Cannot Remain Exclusive, Bis Publishers, Amsterdam; págs. 76-83.

Richard STALLMAN, 2004, Software libre para una sociedad libre, Traficantes de Sueños, Madrid.

Bruce STERLING, 2005, Shaping Things, MIT Press, Cambridge.

Howard RHEINGOLD, 2002, Smart Mobs. The Next Social Revolution, Perseus Publishing, Cambridge.

Don TAPSCOTT, Anthony WILLIAMS, 2010, Macrowikinomics: Rebooting Business and the World, Portfolio Hardcover, Nueva York.

Don TAPSCOTT, Anthony WILLIAMS, 2006, Wikinomics. How Mass Collaboration Changes Everything, Penguin, Nueva York.

Heloisa Domingues Neves, arquitecta, es Directora Ejecutiva de Fab Lab Brasil. Está finalizando actualmente su doctorado en la Universidad de Sao Paulo sobre Open Design. Entre septiembre de 2012 y marzo de 2013 llevó a cabo una estancia de investigación pre-doctoral en el Fab Lab Sevilla.







73



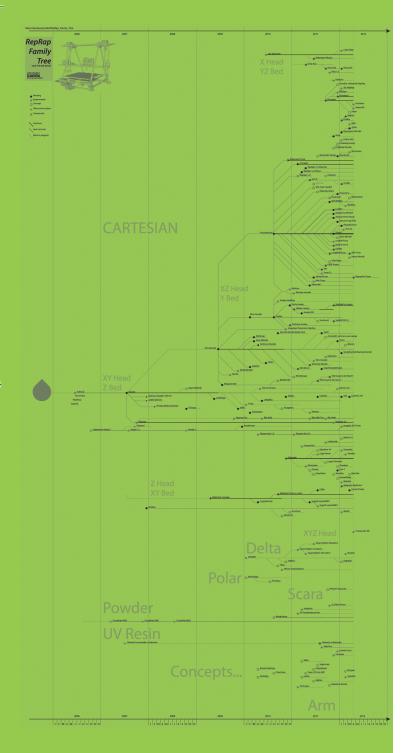


fig. 1
RepRap Family Tree, 2006-2012,
por Emmanuel Gilloz
[http://reprap.org/wiki/
RepRap\_Family\_Tree].
Se muestra aquí la evolución
genética de la familia
RepRap, poniendo de
manifiesta el acelerado nivel
de innovación posibilutado
por la estrategia de hardware
libre / open source planteada
por el inciador del proyecto,
Adrian Bowyer.





Heloisa Neves

## Emmanuel Gilloz, y la súper FoldaRap, una impresora plegable en producción distribuida

Como cualquiera que lleva un skateboard, Emmanuel siempre lleva consigo su impresora 3D súper-plegable, y está siempre dispuesto a compartir sus conocimientos y hacer nuevos amigos —¡un tipo open source!—. Según cuenta: «Estaba obsesionado, soñando con una RepRap plegándose, y finalmente empecé a hacerme una; y tras seis, siete meses de desarrollo puedo llevarla de viaje por la ciudad, el país, el mundo». Esta frase es de hace un par de años, y desde que desarrolló su primera máquina, cada vez más gente se implicó en el proyecto FoldaRap, construyendo sus propias máquinas, fabricando piezas y kits en sus propios laboratorios. Este fue el inicio del proyecto de producción distribuida de impresoras 3D FoldaRap.

Y esto es lo que ocupa actualmente a Gilloz, la puesta en marcha de una red global para la producción de la FoldaRap, con la que se propone implementar un proceso horizontal de compra y venta de componentes y kits. Su proyecto FoldaRap Distributed Manufacturing [1] está finalmente en marcha, tras dos campañas tremendamente exitosas de crowdfunding.

<sup>1</sup> http://reprap.org/wiki/FoldaRap\_Distributed\_Manufacturing





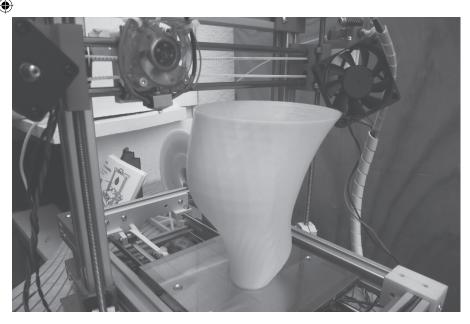


fig. 2
Emmanuel Gilloz paseando
por Nancy con la FoldaRap
en la mano.

fig. 3
FoldaRap imprimiendo en
objeto Tornado.







La cronología de desarrollo de la FoldaRap[2]:

[11.2012] Comienza a diseñar una Mendel plegable, y a continuación una Huxley [3].

[01.2012] Inicia el proceso de diseño de la Fold-a-slot (que luego se llamará FoldaRap).

[24.05.2012] ¡Primera impresión!

[26.06.2012] Primer usuario conocido — Spacexula— que empieza a construirse una FoldaRap.

[28.06.2012] Inicio de la primera campaña de crowdfunding (con ulule.com).

[07.2012] Dos o tres personas más comienzan a construirse sus propias máquinas

[10.07.2012] La campaña de crowdfunding alcanza el 100% — jy todavía guedan 30 días!

[08.08.2012] Cierra la campaña de crowdfunding con un 255% de presupuesto recaudado. Avanza la producción del Batch.1 de FoldaRap.

[10.2012] Inicio de la red para la Fabricación Distribuida de FoldaRap.

[10/2102] Otra máquina está siendo construida por Paoparts.

[10/2012] Primer taller en Nybicc [4].

[30.10.2012] Primera impresión hecha por una copia de la máquina (Joris con su FoldaRap #003).

[11.2012] Segundo taller en Nybicc.

[11.2012] Tercer taller en Lille.

[11.2012] Cuarto taller en Dakar.

kits a entregar. [2013.01] Otra máquina construida en los EU (makehacklearn).

fabricadas por la máquina de un usuario para los próximos

[12.2012] Quinto taller en Orleans y primeras piezas

[2013.02] Una FoldaRap japonesa.

[2013.04] FoldaRap 1.1.

[20.04.2013] Inicio de segunda campaña de crowdsourcing (con goteo.org).

[09.07.2013] La campaña termina con una suscripción del 445%. Avanza el Batch.2 de FoldRap.

[07.2013] Alex B está haciendo su propia FoldaRap tamaño Mendel; primer beta-desarrollador de este modelo.

[01.10.2013] Segundo prototipo de la FoldaRap 2.

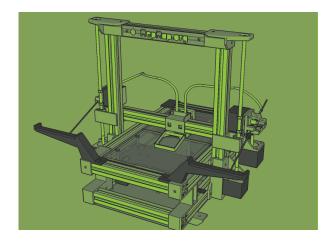


fig. 4 Dibujo digital de FoldaRap con dos extrusores.



<sup>2</sup> http://reprap.org/wiki/FoldaRap

<sup>3</sup> Mendel (2009) y Huxley (2010) son dos evoluciones sucesivas de la RepRap.

<sup>4</sup> Nybi.cc, Nancy Bidouille Construction Club es el primer makerspace y Fab Lab de la cudad francesa de Nancy, del que es co-fundador Gilloz.



Hice una entrevista a Emmanel para saber más sobre su proyecto. Se trata de un proyecto basado en conceptos contemporáneos como producción distribuida, fabricación local y hardware open source, conceptos relacionados con la «Tercera Revolución Industrial». ¿Será esto una alternativa de futuro para la fabricación?

#### Heloisa Neves

¿Qué entiendes por fabricación distribuida?

#### Emmanuel Gilloz

En la fabricación distribuida, en lugar de depender de una producción en masa centralizada, la idea es usar muchas micro-fábricas, que producirán tantas cosas como las grandes, pero con la ventaja de producirlas más localmente, más próximo a aquellos que las necesitan, lo cual es mejor para el planeta. Y además, distribuir los medios de producción es una manera de asegurar que la riqueza no está concentrada en las manos de aquellos que los posean.

#### HN

Si entendí bien tu idea, ¿no construyes y vendes máquinas, sino que gestionas una red de personas a quienes les gustaría comprar y vender? ¿Es correcto? Si es así, ¿es esto un escenario que ya habías planificado? Porque viendo tu campaña en <code>goteo.org</code>, hay más gente que compró el kit para hacerse una máquina, que gente que se ofreció a ser productor… ¿Crees que con el tiempo esta gente también querrán convertirse en productores?

#### EG

Comprar/producir/vender hardware es una manera fácil de mantener el *open hardware*, y me sigue gustando construir máquinas, pero no puedo abastecer a todos los que las han comprado, ni tampoco competir con los gigantes industriales. Pero si compartimos la producción en una red, podemos ser más eficientes [5]. Gestionar para no ser el único fabricante, también ofrece modelos de negocio complementarios para otros.

No todo el mundo está interesado, de momento son dos de cada tres; desde el momento en que estoy comprando piezas impresas, les resulta una forma fácil de recuperar la inversión inicial. De momento ya tenemos varios fabricantes, mientras que a otro grupo les doy una máquina a cambio de piezas impresas que nos entregan más adelante; y algunos *makerspaces* van a montar kits para vender impresoras completas y montadas. Hay posibilidades de hacer crecer un ecosistema en el que la gente pueda aportar su propio valor.

#### HN

¿Es dífícil gestionar la red? Cuéntame qué es lo más fácil y lo más difícil de la gestión.

#### EG

Sí y no; mucha gente se está ofreciendo voluntaria, pero gestionar muchos colaboradores independientes no es fácil; requiere de una buena organización, y en mi caso tengo que controlar que todas las piezas de diferentes procedencias tengan la calidad adecuada, lo que supone que también tengo que guiarlos en la calibración de sus máquinas.

#### HN

Y en cuanto al diseño, ¿has tenido que cambiarlo de alguna manera? En otras palabras, el diseño para una producción distribuida tiene que ser diferente al diseño para una producción tradicional?

#### EG

Si ya hay un «diseño para fabricación», que está siendo útil en muchos casos, podemos añadir un «diseño para fabricación distribuida». Actualmente estoy diseñando la siguiente versión de la FoldaRap, y la geometría para las piezas impresas ha evolucionado para que sean más fáciles de hacer, o por lo menos para que tengan más tolerancia en impresoras no tan bien calibradas.

#### HN

¿Crees que la Fab Lab Network está preparada para ayudarte en un proyecto como éste o piensas que todavía no está preparada?

#### EG

Creo que la red está preparada, solamente nos faltan algunos ejemplos para empezar, como el experimento que estamos planeando en Brasil[6]. Una vez que esté probado



**<sup>5</sup>** Estudios como los que se presentan en el enlace revelan los costes de la importación que no son habitualmente tenidos en cuenta: http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-23931590.

**<sup>6</sup>** Emmanuel Gilloz y Heloisa Neves están organizando la extensión en Brasil de la red de fabricación distribuida de la *FoldaRap* basada en la red de *Fab Labs* brasileños.

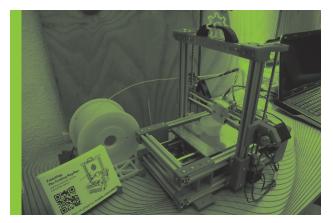


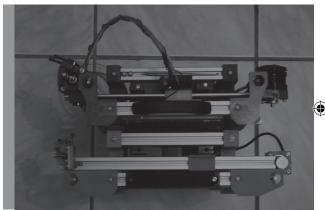
que pueda ser replicado en otros Fab Labs, se harán más proyectos de esta manera. Ya es una tendencia creciente, y espero que podamos llevarlo a cabo.

#### enlaces

http://reprap.org/wiki/FoldaRap
http://www.ulule.com/foldarap/

Emmanuel Gilloz es manager del Fab Lab de la Escuela de Diseño Industrial ENSGSI, de Nancy, Francia, —la ciudad de Jean Prouvé— así como co-fundador del espacio independiente Nybi.cc, el primer Fab Lab de la ciudad. Es un personaje relevante en la comunidad RepRap, por ser el autor del árbol genealógico, RepRap Family Tree, y desde finales de 2012 por el desarrollo de la FoldaRap.



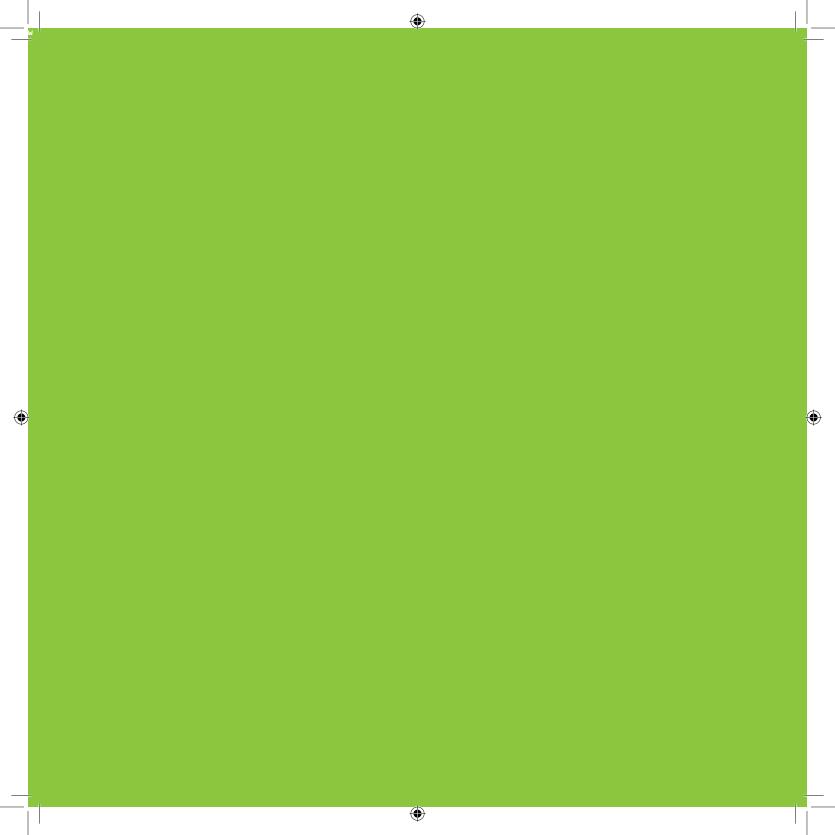




figs. 5, 6 y 7 Imagen de la FoldaRap 1, desplegada, plegada y colocada en el maletín en el que se viene distribuyendo.

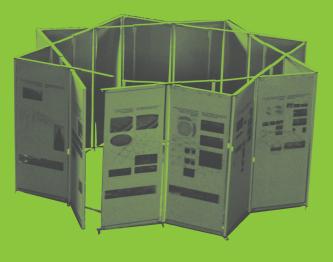






Yes, We Are Open!

# Investigación en geometría, arquitectura y diseño computacional



## **fig. 1**Imagen de la propuesta de expositor plegable.

# Felix Escrig mostrando en una clase sobre estructuras desplegables de aspas un con junto de maguetas.



José Sánchez Sánchez + Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe

# Maquetas de estructuras desplegables de aspas

Todo sólido tiene forma y el conocimiento de la misma y de sus dimensiones se hace por medio de la geometría. La geometría es pues un instrumento para medir y conocer la forma de los objetos, y por tanto, está sujeto a las limitaciones propias de cualquier herramienta.

Con estas palabras nos recordaba nuestro maestro el catedrático de estructuras Félix Escrig, que para todo existe una geometría óptima que permite resolver los problemas que la actividad profesional de la arquitectura pueda plantearnos en numerosas situaciones.

En este artículo presentamos el último de los trabajos desarrollados por el grupo de investigación TEP-114 Tecnología Arquitectónica, ejecutado en el FabLab de Sevilla como Expositor desplegable para la presentación de Proyectos y maquetas realizadas por Felix Escrig coincidiendo con el congreso Internacional TRANSFORMABLES 2013 [www.transformables2013.com] celebrado en Sevilla.

Para conocer y analizar dichas geometrías, el grupo de investigación desde su creación viene desarrollando maquetas con distintos materiales y a diferentes escalas que permiten ir dando solución a los problemas que se van produciendo en la formalización de un proyecto arquitectónico.







Desde los años 80, la realización de dichas maquetas venía construyéndose en el Laboratorio de Estructuras disponible en la Escuela de Arquitectura de Sevilla: Maquetas para ensayos de estructuras y maquetas de estructuras desplegables de aspas, que nos permitían tanto el ensayo de estados de carga para determinar la deformación y estado tensional de estructuras, como la comprobación del diseño geométrico. Con el uso de la informática y la carencia de espacios en el Centro, el Laboratorio de Estructuras se fue acondicionando a nuevas herramientas informáticas, relegando a un segundo plano la adquisición de maquinaria para la realización de modelos. La incorporación al Fab Lab de las primeras máquinas de control numérico (cortadora láser de madera y plásticos, entre otras), ha conseguido un maridaje de actualidad que permite la optimización de los recursos informáticos actuales y la valorización del potencial que ofrece el estudio de las maquetas escaladas.

Dado que el desarrollo de la misma es en Sevilla, y volviendo a las palabras del maestro, la idea comienza a girar en torno a las geometrías identificadas con la cultura andaluza, y por ende, árabe, con figuras de trazado complejo y a la vez de fácil explicación. La estrella de ocho puntas es una solución geométrica de fácil trazado con mínimas variables en la dimensión de las barras y perfectamente reconocible en mosaicos y artesonados de laceria en el Patrimonio Histórico Andaluz.

La estrella de ocho puntas o estrella de Tartessos, polígono regular formado por dos cuadrados girados 45° uno respecto del otro, ha tenido fuerte influencia en Andalucía y es fácilmente reconocible. Los estudios realizados sobre la misma nos llevan a identificarla con el paraíso y con cierto estado de perfección para los pitagóricos y la regeneración de las almas para los primeros cristianos. Así pues, esta geometría es punto de partida para el proyecto de expositor.

En esta geometría se trabaja con el triángulo y el cuadrado, símbolos que representan, respectivamente, al fuego y a la tierra. Al margen de otros significados, la estrella de ocho puntas —en las culturas mesopotámica, tartésica, griega, egipcia, bizantina e incluso en la

fig. 3
Ejemplos de maquetas de
estructuras plegables de aspas.
Grupo de investigación TEP 114,
Universidad de Sevilla.

de los mismos árabes de la Península Ibérica y más tarde, la de templarios y diversas órdenes militares —sintetiza la vida en su más amplia dimensión, sin límite, y por ello su elección es un claro homenaje a la herencia legada por el profesor Escrig.

#### contexto de la propuesta

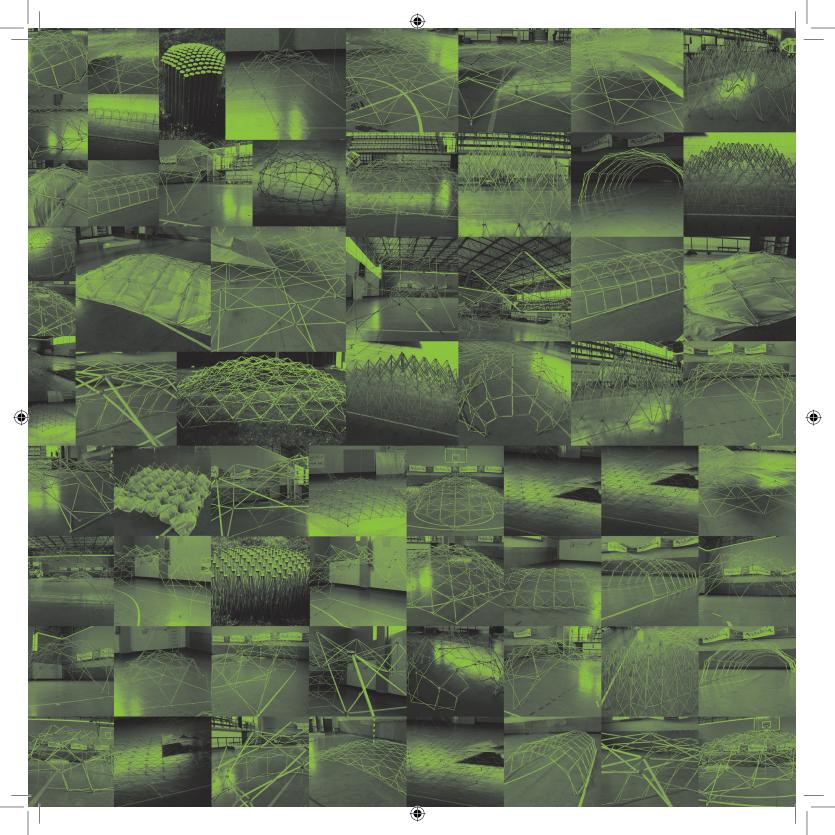
Con motivo del concurso de estudiantes de propuestas para el Congreso *Transformables 2013*, celebrado en Sevilla, se proyecta un soporte expositivo que permita mostrar las iniciativas presentadas. Era necesario disponer de un elemento con capacidad para 32 paneles, uno por cada concursante seleccionado y que, en la medida de nuestras posibilidades, recogiera una solución vinculada a la temática del congreso: estructuras con capacidad de transformación optimizando todas sus fases: el proyecto, la ejecución, el transporte, y el mantenimiento.

#### objetivo material de la propuesta

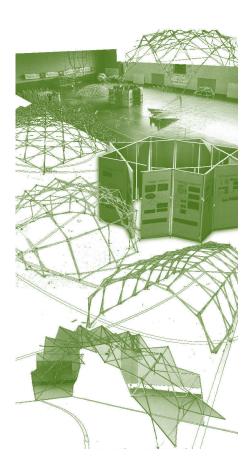
Dada la temporalidad del evento se opta por materiales reciclables de bajo coste y mínimo peso, cartón y DM, ambos disponibles, compatibles y con cierta facilidad de manejo, corte y transformación.

Como herramientas de trabajo se aprovecha la actualidad de conocimientos de los colaboradores en el laboratorio de fabricación digital, teniendo a nuestro alcance el taller de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura FabLab, con el que habitualmente colaboramos. En este caso, la cortadora laser PC 13/90 KII con tecnología DSP (Digital Signal Processing), que permite el trazado de curvas continuas y ecualiza automáticamente la potencia del láser durante toda la operación para asegurar el mismo efecto de corte en cualquier geometría, será la herramienta fundamental para la obtención de las piezas. Como programa de dibujo se ha utilizado la versión educativa de Autocad que se integra automáticamente con el software para su ejecución en la máquina. El sistema está conectado a un PC mediante puerto USB y tiene una potencia de láser de 130 W, que permite el corte de piezas de hasta 25 mm con paneles de dimensión máxima 1300 x 900 mm, que intentamos optimizar para reducir peso y coste económico.

Los paneles utilizados son tableros de DM de 5 mm de espesor, cartón trillaje de 8 mm con dimensiones máximas de paneles de  $86 \times 200$  cm y perfiles tubulares de cartón de 45 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior.







figs. 4 [izqda] y 5 [arriba]
Exposición La maqueta como herramienta en el diseño de estructuras desplegables. En memoria de Felix Escrig; de José Sánchez y Féliz Escrig. Modelos de estructuras plegables de aspas [4] e imagen de portada del tríptico de la inauguración [5]. Grupo de investigación TEP 114, Universidad de Sevilla.

#### ensavos de modelos

Como idea de proyecto se opta por trabajar con soluciones de aspas que permiten mínima ocupación en determinadas situaciones, adaptabilidad al recinto expositivo, y temática común con los contenidos del congreso.

Una vez desarrollado en planta el trazado de la estrella, se realiza el control de movimientos que permita abrir y cerrar la estrella en un haz de barras compacto. Para ello, es necesario ajustar los lados donde irán los paneles con los que los arriostrarán una vez desplegados.

Una vez resuelta la compatibilidad de movimiento entre las aspas que generan la planta estrellada, se procede a la resolución del modelo tridimensional a pequeña escala, mediante la traslación geométrica de la forma, que permita la incorporación de elementos planos, soporte de los contenidos del expositor. Las posibles soluciones pasan por elementos rígidos que estabilicen los paneles y manteniendo la apuesta de elementos reciclados se incorporan paneles de cartón trillado de 8mm que deberán fijarse en la parte superior e inferior de la estructura final.

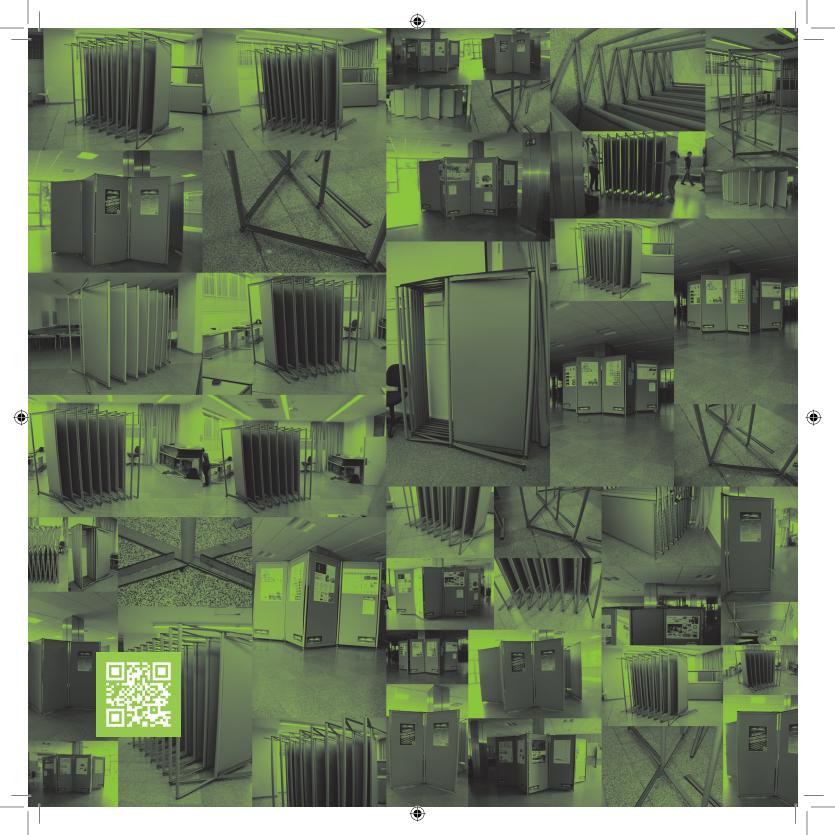
Los elementos de cartón, de poco peso y espesor permiten el plegado del conjunto, absorbiendo el grueso de los mismos las secciones de los tubos verticales y el ancho de las pletinas que conforman el aspa. Para evitar el pandeo de las aspas fuera de su plano los tubos de cartón, todos de igual dimensión, mantienen la equidistancia entre los planos estrellados que conforman la base y coronación del expositor, disponiéndose en cada uno de los nudos en los que se articula la estrella; la posición de los nudos interiores del aspa respecto a los exteriores, determina la forma de desplegado que finalmente tendrá el conjunto.

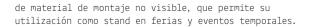
Para resolver la movilidad del elemento plegado y facilitar su desarrollo se han dispuesto rodamientos en los nudos, integrados en la estructura vertical de tubos de cartón.

La fijación de los paneles de cartón a las estrellas se resuelve mediante pletinas de DM que, a modo de pinza, sujetan los paneles en toda su longitud superior e inferior. Como alternativa, existen variantes que sustituyen estos paneles por otro tipo de materiales en consonancia con la temática expositiva a la que se dedique.

Finalmente, es posible empaquetar el expositor en una caja de menos de 40 cm de grueso y 200 cm de altura de fácil manejo por dos personas, dejando en su interior, una vez desplegado, un espacio de almacenamiento







#### créditos

El presente trabajo de diseño, construcción y montaje de los dos expositores para albergar la exposición de estudiantes durante el congreso *Transformables 2013* ha sido posible gracias a los profesores José Sánchez Sánchez, Enrique Vázquez Vicente y Teresa Rodríguez León; a los responsables de los laboratorios del Fablab y del Departamento EEeIT —Juan Carlos Pérez Juidias y Vicente Sánchez Fernández, respectivamente—; así como a los estudiantes del Departamento de Estructuras Carmen Salado Caballero, Sergio Torres Gavira, Carlos García Mora, Carolina Díaz Fuentes, Mercedes Lopez-Cepero Algeciras, Cecilia Gutiérrez García e Irene Quilón Rodríquez.

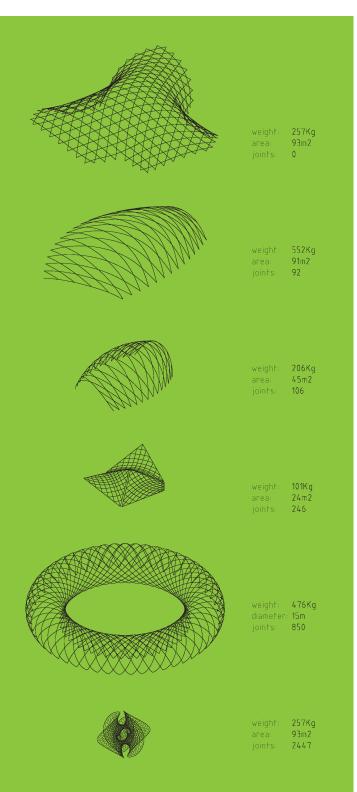
José Sánchez Sánchez es Doctor Arquitecto y director del Departamento de Estructuras de la Edificación e Ingeniería del Terreno de la Universidad de Sevilla. Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe es Doctora Arquitecta y profesora del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla.

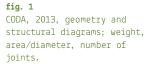
figs. 6 y 7
Congreso Transformables 2013, imágenes del expositor
desplegable en diversas fases
de su montaje y plegado
y enlace QR a vídeo del
proceso de plegado. Grupo
de investigación TEP 114,

Universidad de Sevilla.











Enrique Soriano + Pep Tornabell

## CODA, Computational Design Affairs

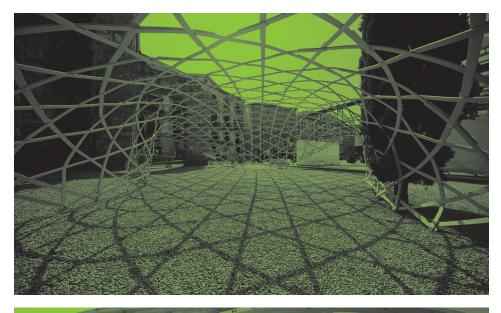
CODA (Computational Design Affairs) is the computational design and lightweight structures team of LITA (Laboratori of Innovation and Technology in Architecture) a research group at BarcelonaTech (UPC Universitat Politècnica de Catalunya). Its research is focused on the creation and optimization of lightweight structures systems, and more recently, in the instrumentalization of elastic deformation, mainly in timber or membranes. Its aim is the methodological integration in design of ecological footprint minimization. The challenge is to increase efficiency by means of technology yet ensuring universal and open solutions. The effort is placed on the computational design, with special emphasis in the potential of digital manufacturing, allowing complex and efficient systems yet with low technological profile.

By a stimulating lack of resources and funds (something quite southern european), our research is driven by the search of efficiency without restrictive high degree of expensive technology. The challenge is to decrease the number of numerically controlled axis needed in the projects, instead of increasing them.

We present six recent lightweight structures projects of hybrid digital fabrication, where geometry is digitally computed but robots have been replaced by people. Apart from "open" we promote the notion of universality and accessibility.















#### jukbuin Pavilion

In this lightweight race, the potential of activebending structures and the seduction of the slenderness and rigidity of weaving techniques, triggers the exploration of traditional basketry, through the hope in the scale change of bent interwoven planks, and the trust in engineered wood such as plywood as a high flexible and renewable, thus suitable material.

In the context of the EME3 architectural festival in June 2012 in Barcelona, the research group had the opportunity to build a self-standing structure and decided to build an actively built thin shell. For this special circumstances (reduced budget and assembling time) a woven fabric is chosen as design system: its advantages in standardizing elements reduce project cost and makes assembling very easy, fast, and specially feasible with non specialist builders. Thin-shell structures are lightweight constructions using shell shapes, deriving its strength from its double curvature. Elastic shells incorporate the stiffening effect of the flexible flat thin elements post-deformation pretension. Triaxial weaving is part of the traditional craft of basketry: used back to around 5700 BC in Japan. It's an isotropic behaviour fabric, and geometrically self-stiffened with the interlocking three axes, regularly forming triangles. The uniform and non hierarchical structural fabric warrants the continuity through friction, obtaining a mechanical free fixation system. The interwoven system is handleable (built with hands: neither numerical control, nor energetic forming), easily repairable, and can be dismantled.

A crew of students helped to weave and erect this uniform and non-hierarchical fabric assimilating the building technique to the bottom up organization system: assembling small elements for a collective social fabric, an agora.

It's not the shape that is designed but the behaviour of the building technique. The physical simulation engine *Kangaroo* allows to model the behaviour (topologically accurate) of the woven fabric. In this case, doubly curved shell is produced with two axes tools, no screws, and no waste.

fig. 2
CODA, 2012, Jukbuin Pavilion,
eme3, Barcelona.

fig. 3
CODA, 2012, Ametlla Pavilion.

#### ametlla. Cultural events pavilion

Ametlla Pavilion is the result of an open discussion about the latent university campus potential promoted by the ETSAV student association where CODA proposed a light shelter for hosting collective events of the active school community. During the competition phase, Incafust (Catalan Timber Institute) joint the team providing local sawn pine timber to enhance its use. This material is strictly misused in packaging industry for producing pallets and fruit boxes, and triggered the challenge of producing a long-span shelter with nonnormalized small pieces of planned timber. Given this restriction, it was proposed to build an actively-bent gridshell made out of deformed planks, provided as green as possible and with the smaller possible thickness (ca. 15mm.), in order to be bent more easily and with lower curvature radius inside elastic regime.

The strategy was to create a multiple layer gridshell of conjugate geodesics. These curves have the virtue of being able to be built out of flat and straight planks, and have as well the advantage of sharing the normal on every intersection, thus simplifying the resolution of coplanar joints, when crossing stripes.

Final design was only subjected to physical material properties and specific site surveying. Two arbitrarily placed curves were scanned by photogrammetry, and used as input for the parametric model. Once the timber arrived, experimental bending tests were carried out to introduce minimum curvature radius restrictions in the parametric definition of the surface. Plank prefabrication consisted in sorting, continuity making, and analog digital fabrication.

Timber elements were sorted by quality, considering density and number of knots.

The best were used for structural use, cutted into specific measures, connected by an overlapping plank, and bored according to specific numbering.

Assembly followed an iterative process of crowd-erecting interlocking planks. The overlapping connectors, were intentionally placed to serve as well as vertical connecting elements in the resulting truss, when multiple plank layers were placed. The final section consisted in a upper tension layer and lower compressive layer.

Bending active strategy is used in this case as an efficient way to avoid the energetically consuming and technology dependent steam-forming process of glulam technology. In this case, forming which will be slowly





carried out by sun drying, morphing from an elastic bending shell to a rigid compressive shell. The success of the construction of the pavillion would not have been possible without the enthusiastic cooperation of the Ressò team, the ETSAV student association, the unofficial student timber workshop and the usual fantastic community of students of the school.

#### anticycloid

Researchers at CODA, and Optimism researcher Dani Bas, were invited to organise a blitz digital fabrication workshop in CEU San Pablo during a hot summer weekend in Madrid.

By serendipity, the model of the previous construction, the Ametlla Pavilion performed a surprising non-intentioned planar deployable behaviour. The aim was to seize and study this extraordinary opportunity of developing a simple erecting process, in the emergent research field of hybrid deformation-based deployable structures.

While the geometric strategy was based on the previously developed low-tech geodesic elastic gridshell technique, the erecting strategy was completely opposite, by expanding by pulling the gridshell to its doubly-curved final state, from a connecting a compact planar configuration. Even though it has been conjectured that planar compactness of the undeployed double-curved gridshell state is due to the constant mean curvature of the surface, it's still not proven.

Having access to a small budget, the gridshell was decided to be done in a single plywood 12 mm. layer. Since all natural randomness is reduced, plywood offers the advantages of normalized material: speed in manufacturing and assembling, and uniform reliability of the section enabling smaller curvature radius. Standard boards were cut into straight planks and connected by overlapping. Once assembled, specific total lengths were cut and intersections holes were bored manually in the planks. All planks were then packed and connected at ground but following gridshell topology. Finally a progressive nonmechanically helped expansion process of human based side-pulling was carried in order to achieve the final doubly curved shell. Since the structure was symmetrical a simple cable was taking the horizontal reaction, and since the structure was so light no further support was needed.

Planar compactness of undeployed double-curved geodesic gridshells proved to be an interesting feature for low-tech fast erecting gridshell layers.

#### hypars. Complete timber shell module aggregation

CODA was invited to organise the digital fabrication workshop during Algomad 2013 congress in Barcelona in collaboration with Francisco Tabanera from Sagrada Familia. Since this congress edition was co-organised by Sagrada Familia there was a special motivation to work around the manufacturing possibilities of Gaudi's grammar by means of digital design and numerical control.

Fabricating a discretized doubly curved surface with a CNC is normally done, with the disturbingly widespread "waffle" technique, cutting sections in different planes and interlocking assembly. But this technique usually produce an unwanted large cut-out ratio, and is penalised by the loss of resistent section due to the joinery.

Nevertheless, being a doubly ruled surface, it has by definition, two distinct lines that lie on the surface through every one of its points, which can be directly transformed into a very efficient manufacturing, by crossing simple straight (but twisting) bars in planar joints.

However it was decided instead to be constructed with curved trajectories that can be built from bent straight flat planks following geodesic curves on the surface as tested in previous geodesic elastic gridshells. In fact, it was prefered to tackle the problem choosing the thinnest material, in order to achieve, to a comparable span and stiffness, a lighter solution by means of global prestressing effect of actively-bent coupled planks.

Since we had the opportunity to access to machine digital manufacturing, in order to maximize its use and capacity, we envisioned the task of self-producing all the necessary elements for the assembling with a single tool and a single material, and the challenge of minimising the material used and the cut-out.

Each hypar is built from two standard plywood boards. With the same tooltip, planks and custom timber clik joints were milled, eyelets were bored and assembling information (id and joint id) engraved.

#### bigO. Time machine

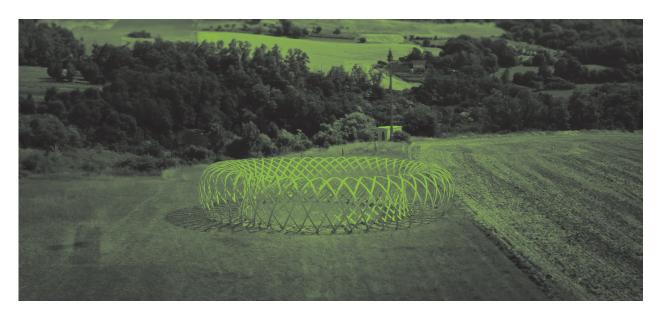
Researchers at CODA, Enrique Soriano and Pep Tornabell, were invited to participate in the annual hungarian wood festival *HelloWood*, bringing together young designers and architects. For a week and with the help of eight students they made the project *BigO*, a toroidal thin shell of wood. The aim was to prove the ease of building











an ultra-lightweight doubly curved shell from very simple and inexpensive elements and maintaining a low-tech profile. The strategy was to build a single layer elastic geodesic gridshell, already tested. But the challenge was to build a surface combining anticlastic and sinclstic curvatures and building it extremely light with very thin timber planks (10 mm).

The advantage of this type of shell is the integration of the forming and assembling process, in an instantaneous deformation during the placement of the elements. 100 identical parts were prefabricated by assembling and overlapping connecting pieces and manually boring connection holes. Afterwards the pieces were placed in their respective feet and progressively connected between them by simple metal studs.

On one hand, in this construction, the plank internal stresses deriving from the torsion, due to the geodesic specific path, proved to be crucial for the global stability effect, and particularly convenient during assembly. The torsion, added to the bending due to the initial deformation of the plank, caused prestresses of opposite sign to the stresses to which it would be affected afterwards. On the other hand, the extraordinary good atmosphere in the festival was crucial to the success of the construction.

fig. 4
CODA, 2013, BigO Time Machine,
Hellowood, Hungary.

#### Chen-Gackstatter

Chen-Gackstatter is a class of complete orientable minimal surfaces and is named for the mathematicians who found the first two examples in 1982. Chen-Gackstatter is as well the result of the first exercise of 2013 Parametric Architecture course, conducted by CODA members, Ramon Sastre, Enrique Soriano and Pep Tornabell. This exercise was intended to be collective, curiosity-driven, introductory but non-surprisingly, it was the last in the course to be concluded.

The goal of the first introductory exercise, is to understand how physical behaviour can be interpreted, modelled, and parametrized. During the first sessions, groups of students receiving large amount of tie-wraps and elastic rubber bands, were exploring patterns of tension aggregation. The laminar models were chosen among the chaotic cellular lattices, by their potential application as understandable minimal surfaces.

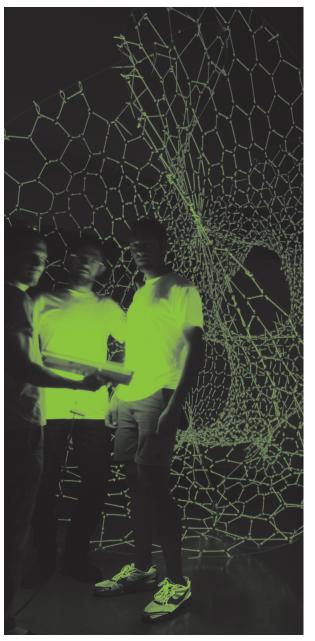
Revisiting some spider laminar networks, we were triggered to explore a topologically interesting minimal surface introducing in the course mesh complexity. Amid

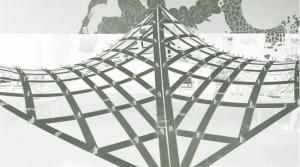


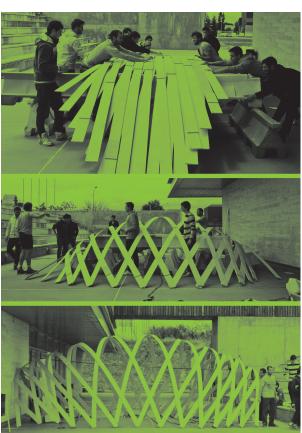




















minimal surfaces we looked for non zero topological genus, meaning they have handles or "holes", since it was searched a definable networked laminar continuity. Finally it was decided to use a genus-two surface of Chen-Gackstatter and the generalization M1,3. This surface is an edge-less enneper-like surface, that can be cut to a defined continuous curve boundary, and with symmetric three-fold shape with two handles, that satisfied arguably the needs.

The continuous curved boundary was especially interesting since it was an opportunity to analyze the stiffening effect of elastic boundary in membranes, which in part is an implementation of actively-bent systems.

The surface topology was approximated by the mesh subdivision of a rotated and symmetric three-fold basic repeatable minimum mesh module. This abstract mesh, was then relaxed by dynamic relaxation method in order to approximate a physically built model. The continuous boundary was modeled with bending stiffness, whereas the inner membrane was modelled simply as a tension membrane. The coupling effect of both systems is self-stiffening and was easily reaching an equilibrium state from which manufacturing measures were taken.

By means of feasibility, the triangular mesh of average vertex valence 6, was used to create a less complex dual mesh, of vertex valence 3, which could be built with metallic triangles. The mesh was patched back to the minimum assembly modules, and distributed in groups who carefully knotted the 2400 triangles. We knew it was ambitious and far beyond the safe margins of feasibility, but we are glad that Chen-Gackstatter minimal surface was built and completed. And it had only been possible because of the absolute endeavour of all of the students in a rare collective mix of wonder and trust in geometry.

Enrique Soriano y Pep Tornabell, son arquitectos e investigadores. Llevan a cabo sus doctorados en diseño de estructuras, computación material y diseño paramétrico en el marco Barcelona Tech-Universitat Politécnica de Catalonya, como parte del grupo de investigación LITA-CODA Computational Affairs Office [http://coda-office.com]. En 2013 fueron docentes del curso Digital Crafting en la Escuela de Arte Massana, de Barcelona.



CODA, 2013, Antycicloid, Madrid.

#### fiq. 6

CODA, 2013, *Hypars*, Algomad, Barcelona.

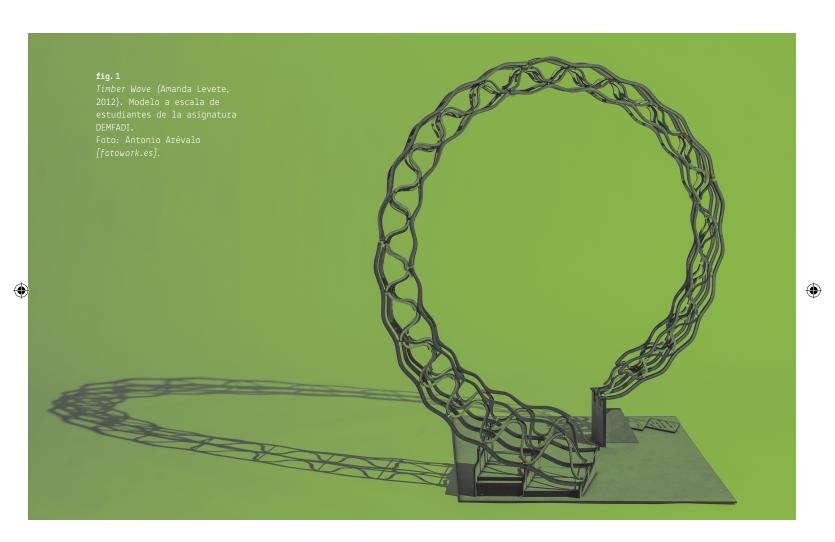
#### fig. 7

CODA, 2012, Chen-Gackstatter.













En la actualidad la tendencia creciente del empleo de la madera como material estructural de primer nivel es ya evidente. La convergencia de diversos vectores está propiciando un nuevo resurgimiento del material al tiempo que muestra el nuevo papel protagonista que, sin duda, tendrá la madera en un futuro próximo.

La permanencia de la tradición heredada[1] (propia del diseño estructural en madera basado en los tipos clásicos), los desarrollos tipológicos (propiciados por la aparición de productos estructurales como el panel contralaminado que está permitiendo nuevas tipologías en altura[2], la aparición de novedosas propuestas arquitectónicas (posibles gracias a la evolución de las herramientas de diseño y fabricación digital), los nuevos requerimientos ecológicos y las nuevas propuestas estructurales, provenientes de ámbitos académicos (basadas en procesos, simulados computacionalmente), dibujan una realidad compleja y heterogénea en la que, si bien el diseño arquitectónico de estructuras de madera está experimentando un gran impulso, lo está haciendo desde ámbitos muchas veces inconexos y con importantes diferencias en los planteamientos y procesos generativos.

1 Aunque la madera fue prácticamente desterrada como material estructural con la implantación del estilo internacional, las denominadas arquitecturas orgánicas y vernáculas siempre mantuvieron la tradición de su uso como reivindicación del valor de lo local. Asimismo los grandes desarrollos suburbanos producidos en EUA tras la II G.M realizados de modo masivo con construcciones residenciales en madera y el empleo de la madera laminada en estructuras de grandes luces, ha mantenido su uso e industria en plena actividad, aunque generalmente apartada de la arquitectura de renombre internacional. 2 En 2009 se construyó en el Reino Unido el edifico residencial Stadhaus, de nueve plantas de altura. En 2010 se finalizó el edifio Forté en Melbourne, de diez. En la ciudad de Kirkenes, en Noruega está prevista la construcción de un edificio de 18 plantas para el 2014 y actualmente existen varios despachos de arquitectura en el mundo trabajando en colaboración con ingenierías para el desarrollo de propuestas de gran altura como el Tall Wood de Michael Green, rascacielos de 30 plantas para Vancouver (Canadá) o el Proyecto de Berg I C.F. Møller, en colaboración con los consultores Tyréns, un modelo de rascacielos de 34 plantas para el centro de Estocolmo.





Por tanto, los procesos de génesis formal en estructuras de madera oscilan entre el uso de los conocimientos heredados sobre las tipologías y sistemas constructivos y las nuevas posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales. El catálogo tradicional de tipologías estructurales resulta insuficiente e incluso inadecuado para explicar los procesos de génesis estructural de muchas producciones arquitectónicas contemporáneas. Parece adecuado, por tanto, intentar dibujar un nuevo mapa, más amplio, que permita un acercamiento más fructífero a los procesos actuales de génesis de la forma estructural.

Un primer paso hacia esta nueva cartografía podría realizarse identificando puntos estables y relaciones posibles entre éstos y a partir de los mismos localizar y situar otros más ambiguos y de coordenadas más dudosas. Bajo esta perspectiva podríamos identificar, en una primera instancia, tres grandes estrategias de generación de la forma estructural en madera.

#### la génesis estructural a partir del tipo

un diálogo con la forma. Conocimiento y creación

Cada material tiene una personalidad específica distinta, y cada forma impone un diferente fenómeno tensional. La solución natural de un problema —arte sin artificio—, óptima frente al conjunto de impuestos previos que la originaron, impresiona con su mensaje, satisfaciendo, al mismo tiempo, las exigencias del técnico y del artista [3]

Los tipos estructurales, entendidos de modo amplio en el modo que los analiza Torroja, ofrecen información muy valiosa, no solo sobre su comportamiento estructural, sino también, sobre el material y procesos de ejecución más apropiados.

El conocimiento de las leyes, imposiciones y libertades que ofrece tanto el tipo estructural como el empleo de la madera como material permite, desde las primeras etapas de diseño, poder trabajar con una inmensa variedad de opciones que satisfacen simultáneamente los requisitos arquitectónicos, estructurales y de ejecución.

Los procesos que podemos detectar en este sentido son diversos y van desde la simple adopción del tipo canónico hasta sus transformaciones digitales pasando por una infinidad de posibles modificaciones creativas realizadas a partir de aproximaciones con modelos a escala.

#### el tipo canónico [4]

El procedimiento más elemental consiste en recurrir directamente al tipo ideal en su forma pura. Esto resulta especialmente conveniente, si no obligado, en grandes estructuras con elevados esfuerzos o deformaciones donde la optimización estructural adquiere especial importancia. Es el caso habitual de estructuras de grandes luces o edificios en altura, donde la arquitectura suele quedar supeditada al proyecto estructural. Un claro ejemplo de esta posición es la Cúpula de madera del centro comercial Las Arenas de Alonso & Balaguer en asociación con R. Rogers (Barcelona, 2011[5]) [fig. 2]. El esquema estructural coincide exactamente con el Trimmed Lamela Dome, uno de los esquemas clásicos para la resolución de grandes cúpulas de mallas de barras de simple capa[6].

#### juegos analógicos y manipulaciones creativas de los tipos

La creación a partir de modificaciones de los tipos, adaptándolos a requerimientos arquitectónicos de diferente índole, desde las primeras fases del proyecto y normalmente a través a aproximaciones mediante modelos a escala, ofrece posibilidades prácticamente infinitas. Este planteamiento ha sido empleado de modo amplio por la producción arquitectónica internacional. Valga para ilustrar esta línea de trabajo proyectos tan dispares como la cubierta de la sala principal del nuevo Parlamento de Edimburgo (Escocia, 2004) de EMBT [fig. 3], la Palmyra House (India, 2007) del Estudio Mumbai, la casa Kiké (Costa Rica, 2007) [fig. 4, pág. anterior] de Gianni Bostford Architect o el Edificio de Oficinas de Tamedia (Suiza, 2013) de Shigeru Ban, donde



<sup>4</sup> En esta estrategia se encontrarían infinidad de obras arquitectónicas y, especialmente, las correspondientes al ámbito de la ingeniería y edificaciones industriales o rurales. 5 La fecha referenciada en las diferentes obras corresponden con la finalización de la mismas.

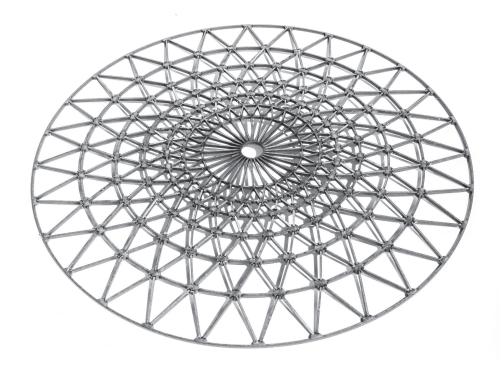
<sup>6</sup> La contribución de las herramientas digitales ha resultado decisiva en las etapas de análisis estructural (ha sido necesaria la comprobación de numerosas hipótesis de cálculo en segundo orden) y de fabricación mediante técnicas CNC (Software Bocad) pero insignificante en el proceso de la definición formal inicial.

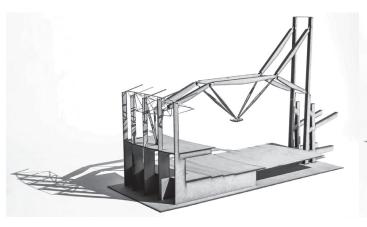
<sup>3</sup> Torroja, E., 2007, pág. 11.



figs. 2, 3 y 4

Modelos a escala de la cúpula de madera del centro comercial Las Arenas, de pórtico del Parlamento de Edimburgo, y de la estructura de la Casa Kiké, realizados por estudiantes de la asignatura DEMFADI. Fotos: Antonio Arévalo [Fotowork.es].







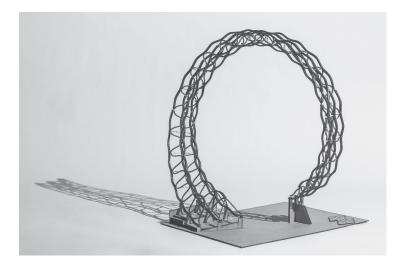


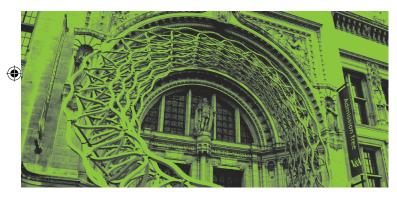




101







figs. 5 y 6
Timber wave (Amanda Levete, 2012). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI e imagen de la instalación. Fotos: Antonio Arévalo [fotowork.es] y Benedetta Aghileri [http://www.flickr.com/photos/serendipitys/6192224438/ CC-A-ND].

manipulaciones creativas de los tipos tan diversas como el entramado ligero, el entramado diagonal, el entramado pesado o las cerchas trianguladas subtensionadas, han ofrecido soluciones satisfactorias de modo simultaneo a los requerimientos arquitectónicos y estructurales. Las relaciones que se establecen en este caso con las tecnologías digitales son muy diversas y cubren un amplio espectro que discurre desde el diseño y ejecución con técnicas totalmente artesanales, representadas por la Palmyra House hasta casos como el edificio de Oficinas para Tamedia[7] en el que se ha realizado un proceso totalmente industrializado a través de tecnologías CNC.

#### parametrizaciones y transformaciones digitales del tipo

En este proceso estarían aquellas obras que, habiendo decidido desde etapas tempranas del proceso de diseño un tipo estructural adecuado, la búsqueda o desarrollo formal no se produce fundamentalmente a través de modelos físicos a escala sino que se realiza a través de transformaciones de un modelo digital convenientemente parametrizado. De este modo la geometría sencilla del tipo puede transformarse y adaptarse a los requerimientos arquitectónicos exigidos, pudiendo llegar a alcanzar un nivel de complejidad formal que difícilmente se hubiese logrado por métodos analógicos. Un ejemplo claro de este procedimiento es la Timber Wave (Londres, 2011) de AL\_A (Amanda Levete) donde la transformación y adaptación de un emparrillado de doble capa a un perfil helicoidal ha generado una geometría compleja compuesta de multitud de piezas curvas de diferente tamaño [8] [figs. 5 y 6].

Pero más allá de lograr formas complejas más o menos interesantes la potencialidad del proceso de parametrización reside en que el diseño resultante contiene de modo intrínseco una familia infinita de posibles soluciones formales. La definición del modelo digital a partir de la geometría analítica en lugar de la geometría descriptiva supone una de las verdaderas revoluciones de las nuevas herramientas de diseño.





<sup>7</sup> Se trata del edificio de oficinas más alto del mundo construido con estructura de madera. La empresa suiza fabricante de la estructura, Blumer-Lehmann, fue también la responsable de otras obras de Shigeru Ban como el Centro Pompidou-Metz y el Edifcio del Club de Golf Haesley en Nine Bridges.

8 El curvado de piezas de madera laminada implica necesariamente la realización de moldes individuales para cada pieza y procedimientos manuales de fabricación. Cowley Timbetwork fue la empresa encargada de fabricar la escultura.



La propuesta que el IACC realizó para la competición internacional del Solar Decathlon 2010 es un paradigma en este sentido. El modelo digital de la Fab Lab House [figs. 7 y 8] incluye variables y parámetros ambientales como la radiación solar directa incidente sobre la cubierta-fachada dotada de un sistema fotovoltaico de producción eléctrica. El modelo paramétrico permite adaptar automáticamente la forma de la envolvente y de su estructura portante a cualquier latitud. La propuesta, de este modo, se convierte en un modelo que combina las ventajas de la producción industrial masiva, a través de procesos de mecanización por tecnología CNC, con las del diseño individualizado, más próximo a la producción artesanal personalizada.

## la génesis a partir de la composición arquitectónica la imposición de la forma [9]

No son pocos los proyectos cuyo origen se encuentra más cercano a criterios puramente formales que estructurales. Se trata de propuestas en las que el interés fundamental reside en investigar sobre la materialización de patrones gráficos, planos o espaciales, o formas escultóricas y, aunque la estructura soporte resultante pueda tener, en ocasiones, relaciones con alguno de los tipos estructurales clásicos, su origen, desde un punto de vista generativo se encuentra en el campo compositivo y no en el estructural.

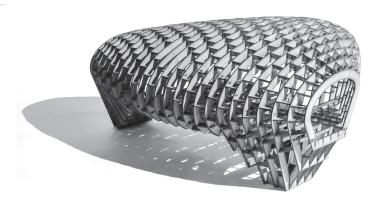
La enorme evolución que han sufrido tanto los procesos de mecanizado industrial de la madera, que permiten la realización de cualquier forma por compleja que resulte

9 La generación de la forma producida por la imposición de un proceso exterior, ajeno a la realidad constructiva y estructural ha sido un aspecto que ha generado profundos e interesantes debates en el campo de la crítica arquitectónica, en especial a partir del último cuarto del s. XX en el que han proliferado las formas libres y se ha puesto en entredicho la coherencia como cualidad inherente de la arquitectura. El discurso pronunciado por José Rafael Moneo en su ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en el año 2005 titulado Sobre el concepto de arbitrariedad en arquitectura es muy elocuente al respecto. En él analiza los procesos de generación formal de diferentes arquitecturas y sus relaciones con lo arbitrario y lo causal, diferenciando claramente aquellas que se generan como propuestas objetuales y escultóricas de aquellas otras que surgen de la invención del proceso constructivo.

#### figs. 7 y 8

Fab Lab House (Iaac Barcelona, 2011). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI e imagen del interior. Fotos: Antonio Arévalo [fotowork.es] y MisoSoupDesign [http://www.flickr.com/photos/eager/6518939035/ CC-A].











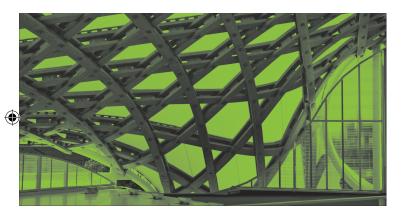


fig. 9
Club de golf Haesley Nine
Bridges (Shigeru Ban, 2010).
Impresión 3D de la maqueta,
realizada por estudiantes de
la asignatura DEMFADI. Fotos:
Antonio Arévalo [fotowork.es].

#### fig. 10

Detalle de la estructura del Centro Pompidou Metz (Shigeru Ban, 2010). Fotografía de Jean-Pierre Dalbera [https://www.flickr.com/photos/dalbera/4925751298/ CC-A].

con una precisión milimétrica, como las herramientas de análisis estructural, permiten construir prácticamente cualquier forma imaginable.

#### el patrón gráfico como estructura soporte

Se trata de patrones gráficos que, proyectados sobre una superficie, se convierten en elemento estructural. Habitualmente poseen numerosos entrecruzamientos que obligan a un cierto funcionamiento como emparrillado pues la superficie sobre la que se proyecta no posee una geometría óptima que le permita trabajar como lámina. Se hace por tanto necesario recurrir a secciones capaces de resistir los esfuerzos de flexión resultantes y a soluciones de enlace con la mayor rigidez posible. Las herramientas de diseño digital permiten realizar las operaciones de definición del patrón, de la superficie y de la proyección del primero sobre la segunda [10].

Casos ejemplares de esta posición serían el Edifcio del Club de Golf Haesley Nine Bridges (Corea del Sur, 2010) [fig. 9] o el Centro Pompidou-Metz (Francia-2010) [fig. 10], ambos de Shigeru Ban. Se trata de estructuras realizadas con piezas de madera laminada alabeadas en el espacio que debido a su gran tamaño y complejidad geométrica requieren de una especial atención en la coordinación de las etapas y herramientas de diseño con las de producción [11].

En el caso concreto de que la superficie sea plana la operación de proyección del patrón queda simplificada pero, puesto que la rigidez obtenida por la geometría de la superficie es nula, se hace

10 La modelización de los sistemas de unión, cuestión primordial en el diseño de estructuras de madera, puede requerir de programación mediante scripts, ya que la complejidad alcanzada suele generar uniones que, aunque topológicamente sean iguales, geométricamente resultan todas diferentes.

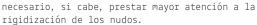
11 Los diferentes software de modelado y fabricación (Cadwork, Bocad, etc.) empleados por las empresas de mecanizado de la madera, aunque incorporan herramientas potentes, pueden resultar insuficientes ante geometrías tan complejas como la de las obras mencionadas que suelen desarrollarse en entornos como Rhinoceros, Rhinoscript y otros de mayor complejidad. Designtoproduction, fue la empresa especializada encargada de coordinar ambos proyectos realizando modelos digitales que incorporan en el diseño la información para su fabricación y construcción.





#### figs. 11 y 12

Pabellón Sumika (Toyo Ito, 2007). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI e imagen del interior. Fotos: Antonio Arévalo [fotowork.es] e Ibone Santiago, 2009 [http://www.flickr.com/photos/sumikaproject/3407267641/CC-A].



El pabellón Sumika (Japón, 2007) de Toyo Ito es una muestra de ello [figs. 11 y 12]. Un patrón de apariencia irregular, inspirado en la imagen de los cerezos en flor, define la geometría de la estructura soporte de fachada y de cubierta. Dicha estructura se realizó en madera laminada mediante uniones encoladas resueltas mediante el empleo de barras de acero corrugado y resina epoxi.

#### procesamientos digitales de formas escultóricas complejas

Si bien en el caso anterior el patrón se proyectaba sobre una superficie dotándola en última instancia de un comportamiento estructural, en este segundo caso se trata de realizar operaciones geométricas digitales sobre un volumen con un cierto carácter escultórico con el objetivo de dotarlo de un soporte constructivo y estructural.

Este tipo de operaciones (secciones múltiples paralelas, radiales, etc.), que la mayoría del software de diseño permite realizar de modo prácticamente automático, resultan muy útiles y operativas en el campo del diseño y la arquitectura efímera para la construcción sencilla de geometrías complejas como sucede en la instalación Dunescape (New York, 2000) de Shop Architects para el MoMa/PS1 o la instalación Ekko (Dinamarca 2012) de Thilo Frank. Sin embargo, en el caso de grandes estructuras, en las que las formas no tienen un sentido estructural original, pueden encontrarse grandes inconvenientes durante el proceso de resolución constructiva y estructural de la misma, tanto a nivel de solución de las uniones como de la misma elección del material estructural, como en el











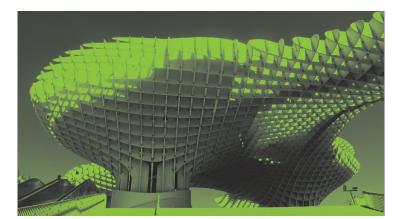




fig. 13
Metrosol Parasol (Jürgen Mayer, 2011). Imagen de la obra acabada. Foto: Ana Guzzo 2011
[https://www.flickr.com/photos/allq/10619119043/ CC-A-NC].

#### fig. 14

Project Grotto, 2005 [Aranda y Lasch, 2005]. Imagen: Aranda/Lasch [http://www.flickr.com/photos/arandalasch/3307341172/CC A-NC-ND].

caso del *Metropol Parasol* (Sevilla, 2011) de Jürgen Mayer [12] [fiq. 13].

### procesos generativos computacionales y fabricación digital

descubriendo la forma [13] los pabellones como campo de experimentación

La búsqueda de la forma a partir de investigaciones y manipulaciones geométricas o materiales ha sido utilizada ampliamente a lo largo del siglo XX en ámbitos académicos, artísticos, arquitectónicos e ingenieriles [14], dando como resultado, en el ámbito estructural, la incorporación de nuevos tipos como las membranas, las mallas de cables y, en el caso específico de la madera, los afamados gridshells de F. Otto, entramados de láminas delgadas de madera que mantienen su forma gracias al pretensado producido por la flexión elástica de las mismas.

Con la evolución de las tecnologías digitales y su capacidad de simular procesos generativos, derivados del desarrollo de herramientas de diseño capaces de incorporar lenguajes de programación y algoritmos [15], la experimentación con la forma se ha

- 12 Nótese la cercanía de procedimiento con arquitecturas como la de Gehry o Eisenman en la que la producción de una forma escultórica compleja es previa e independiente a la de su soporte material resultando necesario el posterior procesamiento informático de la misma para la definición de su sistema estructural.
- 13 Resulta muy interesante traer a colación las reflexiones que realiza Rafael Moneo, en su mencionado discurso de ingreso a la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, sobre la forma en la obra de Gaudí que, lejos de su aparente arbitrariedad, se presenta como necesaria cuando se analizan y comprenden los procesos constructivos que, a la postre, coinciden con el proceso de génesis de la misma: «la invención de la forma coincide con la invención del proceso constructivo [...] Gaudí no inventa formas, las descubre», Moneo, J. R, op. cit, pag. 29.
- 14 Sirvan como ejemplo el curso de iniciación de Klee en la Bauhaus y las exploraciones de F.Otto, B.Fuller o H.Isler.

  15 Rhinoscript o Grasshopper para Rhino, de McNeel;
  Generative Components para Microstation, de Bentley
  Systems; Digital Projects, variante arquitectónica de
  Catia, desarrollado por Gehry Technologies; o Solidworks de
  SolidWorks Corp., entre otros.





trasladado, en gran medida, al ámbito de las tecnologías computacionales y los medios de fabricación digital.

Bajo este prisma, el interés radica en el diseño del proceso y de los comportamientos más que en la búsqueda de un resultado final concreto [16].

En el ámbito estructural las estrategias de generación formal bajo esta perspectiva requieren investigar sobre la integración de las herramientas de diseño (simulación de procesos) y fabricación digital con las de análisis estructural.

Este nuevo enfoque integrador denominado Nuevo Estructuralismo traspone el concepto de Design of Engineering por el de re-Engineering of Design[17]. La búsqueda de la integración de las diferentes etapas (diseño y definición geométrica, computación y fabricación) está siendo desarrollada ampliamente por grupos interdisciplinares en las ingenierías más avanzadas [18].

En ámbitos académicos también se están llevando a cabo investigaciones en este sentido [19], cuyo trabajo se materializa, normalmente, a partir del desarrollo y producción de pabellones experimentales realizados, en su inmensa mayoría, con estructura de madera. Los procesos de génesis de la forma estructural, en esta línea, se desarrollan en torno a tres enfoques, principalmente, que se describen a continuación.

16 Frazer, J. «The generation of virtual prototypes for performance optimization». En: Oosterhuis, K., Feireiss L. The architecture co-laboratory: Game set and match II - On computer games, advanced geometries and digital technologies. Rotterdam: Episode Publishers, 2006.

17 Rivka Oxman y Robert Oxman abogan por un cambio de

paradigma en el que el «diseño de la ingeniera» estructural arquitectónica, habitualmente relegada a fases posteriores al diseño de la forma arquitectónica, pase a formar parte integral del proceso de formalización desde sus primeras etapas, convirtiéndose de este modo en una «ingeniería del diseño». Vid. Oxman, R.; Oxman, 2006, págs. 14-23.

18 En el año 2000 Cecil Balmond creó, dentro de *Ove Arup & Partners*, el *Advanced Geometry Unit* -AGU- (Departamento de Geometría Avanzada), con el fin de desarrollar formas y estructuras geométricamente complejas e integrar todas las etapas, desde el diseño a la fabricación.

19 Destacan en este aspecto los grupos de los profesores F. Gramazio y M. Kohler (Arquitectura y fabricación digital de la ETH de Zurich) y A. Menges (Inst. de Diseño Computacional, de la Univ. de Stuttgart).

#### geometrías evolutivas / adaptativas

Basadas en conceptos provenientes del campo de las matemáticas y la geometría (procesos de ramificación, fractales, patrones y teselaciones aperiódicas, voronoi, etc.) y de la biología (morfogénesis, desarrollos genéticos, etc.). Parten de la definición de elementos básicos y de reglas evolutivas que generan geometrías crecientes. Su simulación a través de algoritmos está encontrando un fructífero campo de aplicación en el ámbito del diseño generando «espatcios geométricos no euclidianos, sistemas cinéticos y dinámicos» produciendo resultados no esperados por el diseñador [20].

El Fractal Pavilion, realizado en 2005 por los alumnos de la Architectural Association School of Architecture [21], bajo la tutela de Charles Walker y Martin Self, exploran la aplicación de geometrías fractales evolutivas a partir de algoritmos que multiplican y distribuyen espacialmente los elementos estructurales a partir de operaciones sencillas [figs. 15 y 16, pág. siquiente].

Aunque este procedimiento aun no ha dado frutos significativos en la escala de las estructuras de madera cabría esperar el desarrollo de propuestas interesantes, por ejemplo, en el campo de las mallas de barras generadas a partir de desarrollos poliédricos evolutivos, conceptualmente similares a los propuestos, por ejemplo, en el proyecto *Grotto*, realizado por los arquitectos Benjamin Aranda y Chris Lasch[22], en colaboración con AGU [fig. 14].

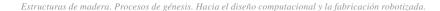
20 KOLAREVIC, B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York, Ed. Branco Kolarevic, 2003.
21 Cada verano la AA promueve, con el patrocinio de la empresa FinnForest —fabricante del tablero microlaminado Kerto—, la fabricación experimental de pabellones con la intención de explorar nuevas técnicas y usos para construcciones de madera.

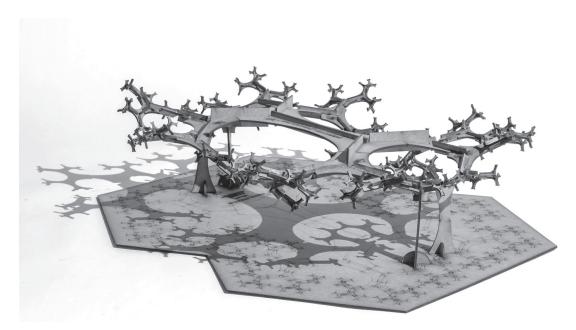
22 Los arquitectos Benjamin Aranda y Chris Lasch han centrado su trabajo en la investigación y el desarrollo de herramientas y algoritmos matemáticos y geométricos capaces de generar sistemas constructivos y estructurales. Su libro *Tooling* (Aranda, 2006) identifica siete de estas herramientas, analizando su potencial y mostrando aplicaciones concretas en determinados proyectos.













figs. 15 y 16

AA Summer Pavilion (Fractal Pavilion) (AA, 2006). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI e imagen de la instalación. Fotos: Antonio Arévalo [fotowork.es] y Phil Rogers, 2006 [http://www.flickr.com/photos/erase/3637223432/ CC-A-NC].

figs. 17, 18 y 19
(pág. siguiente)
Serpentine Gallery [Álvaro
Siza y Eduardo Souto de
Moura, 2005]. Modelo a
escala y detalle del sistema
de unión, realizados por
estudiantes de la asignatura
DEMFADI e imagen del interior.
Fotos: Ciro Miguel [http://
www.flickr.com/photos/
sputnik57/448441783/ CC
A-NC-ND] y Antonio Arévalo
[fotowork.es].









#### procesos constructivos hacia la fabricación robotizada

Cuando el proceso generativo se produce a partir de la definición de un proceso de montaje que incorpora la resolución del problema de la unión, la obra queda definida conceptualmente y de modo simultáneo en el detalle y en la globalidad. Tan solo queda concretar o establecer la lógica que regula el proceso de adición o definir la geometría final resultante a la que ha de adaptarse el proceso. El desarrollo de algoritmos permite definir el concepto constructivo inicial (incorporando las propiedades del material) y adaptarlo geométricamente a cada situación concreta.

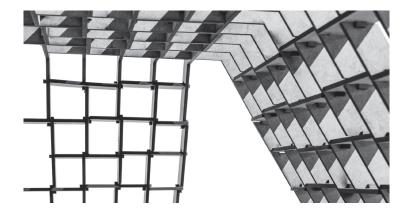
El pabellón de la Serpentine Gallery de Álvaro Siza y Souto de Moura (2005) investiga sobre estos procesos [figs. 17, 18 y 19]. Partiendo de un módulo sencillo, basado en el concepto de estructura secuencial ideado por L. da Vinci y resolviendo la unión con una variante de la tradicional caja y espiga [23], generan una geometría compleja que da respuesta a los requerimientos arquitectónicos planteados de transparencia, tránsitos y relación con el entorno. Este enfoque permite desarrollar geometrías complejas a partir de conceptos sencillos mediante la adición de piezas rectas, relativamente pequeñas y manejables, mecanizadas mediante procesos de tecnología CNC [24]. El control del proceso puede llegar a ser prácticamente total si el montaje también es realizado mediante procedimientos digitales.

Este es el campo de investigación de *Gramazio & Kohler* que proponen procesos de montaje a partir del uso de brazos robóticos que interpretan los algoritmos que definen la propia secuencia de ensamblaje.

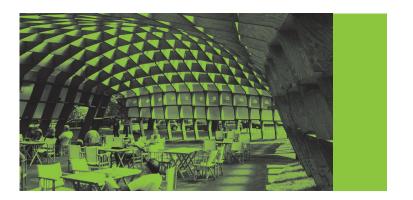
Como resultado de un curso en el que se investigó sobre el proceso aditivo de pequeñas piezas encoladas

23 Sin el desarrollo del panel microlaminado Kerto Q, de la empresa FinnForest, la solución no hubiese sido posible, debido a la concentración de tensiones que se producen en los apoyos de las piezas motivada por las entalladuras necesarias para realizar la espiga, y que generan tracciones perpendiculares a la fibra. Este panel dispone un 20% de las chapas de madera en dirección perpendicular a la directriz para la absorción dichas tracciones.

24 Nótese la diferencia de enfoque con las obras que utilizan piezas de gran complejidad geométrica y grandes escuadrías, como las ya mencionadas del Club de Golf Haesley Nine Bridges o del Centro Pompidou-Metz.



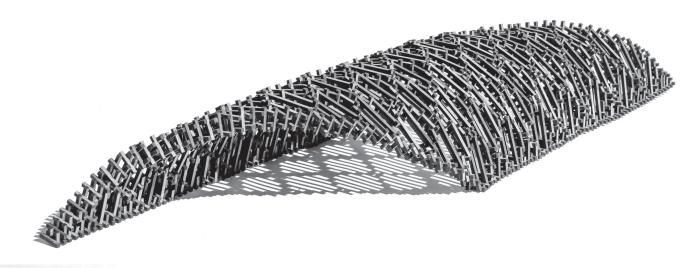














#### fig. 20

Pabellón Secuencial (Gramazio & Kohler, ETH Zurich, 2010). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI. Foto: Antonio Arévalo [fotowork.es].

#### fig. 21

Pabellón ICD/ITKE (A. Menges, ICD/ITKE Stuttgart, 2010). Modelo a escala de estudiantes de la asignatura DEMFADI. Foto: Antonio Arévalo [fotowork.es].





de madera (de sección constante) con fin estructural se construye en 2010 el *Pabellón Secuencial* [fig. 20]. La adaptación del concepto a una geometría de doble curvatura antifunicular otorga gran rigidez y eficacia al sistema. La definición de algoritmos permite obtener la longitud de cada una de las piezas, su posición relativa y un proceso de fabricación rápido y exacto con el uso de un brazo robotizado. En cursos posteriores (2013) se ha ampliado este concepto al de «agregaciones espaciales», dando como resultado interesantes estructuras de geometría aparentemente aleatoria [25].

#### procesos físicos y materiales, la necesidad de la forma hacia el diseño computacional

El proceso habitual de diseño estructural desarrollado con herramientas digitales implica normalmente dos etapas diferenciadas. Una primera de definición geométrica y otra posterior de análisis estructural. Con este procedimiento ni las propiedades mecánicas del material ni las leyes físicas pueden formar parte del proceso de diseño.

Como alternativa a este planteamiento, el ICD (Instituto de Diseño Computacional, de la Universidad de Stuttgart) liderado por A. Menges está desarrollando propuestas estructurales en madera en las que sus propiedades elásticas y resistentes son codificadas en el modelo de diseño, de modo que la geometría resultante es expresión del comportamiento estructural del material. Esta modelización digital a partir de las propiedades elásticas del material supone, según A. Menges, una verdadera evolución desde el diseño digital al realmente computacional [26].

Este es el caso del pabellón desarrollado por el ICD/ITKE en 2010 [fig. 21]. Una investigación sobre el empleo de láminas de tablero contrachapado de madera que extiende al ámbito digital las investigaciones realizadas por F. Otto sobre la flexión activa a partir de modelos físicos. Son ya numerosas las investigaciones

25 Es interesante destacar la distinción que hace Cecil Balmond entre aletoriedad e informalidad. Mientras que la aletoriedad no responde a ningún criterio u orden, la informalidad responde siempre a leyes generativas internas, tal y como ocurre en la naturaleza. Dichos órdenes responden a organizaciones no-lineales y no cartesianas que pueden simularse a partir de algoritmos.

**26** Menges. A. "Material resource fullness. Activating material. Information in computational design", en *AD Material Computation*, n° 216, 2012, págs. 35-43.

en este sentido como las realizadas por Coda Office (Enrique Soriano & Pep Tornabell) sobre el trenzado triaxial o la reciente propuesta desarrollada por el grupo Emergent Technologies and Design (EmTech) de la AA de Londres, conjuntamente con la Cátedra del grupo de investigación Structural Design del ETH de Zürich. Se trata de un pabellón en el que se experimenta y se investiga sobre la simulación de la respuesta del material —tableros de madera contrachapada— ante perforaciones y discontinuidades realizadas en su superficie antes de la operación de curvado [27].

De modo similar, el Pabellón Pudelma surge como resultado de incorporar en el modelo de diseño digital leyes físicas fundamentales como la gravedad y su efecto sobre materiales sin rigidez a flexión. En él se han recuperado los procesos de génesis estructural desarrollados por Gaudí, y más tarde por F. Otto (en los que la forma resistente se obtenía por inversión del funicular de las cargas), en combinación con las técnicas de la tradición carpintera local.

El pabellón que se erigió como construcción provisional con ocasión del European Capital of Culture Program en Finlandia, producto de la colaboración entre la Universidad de Columbia y la Universidad de Olu, ha dado como resultado una estructura de madera sometida exclusivamente a esfuerzos de compresión en los que las uniones se han solucionado de modo sencillo a través de una interpretación de la tradicional caja y espiga.

#### agradecimientos

Este artículo no hubiese sido posible sin el esfuerzo y dedicación de los alumnos de la asignatura Diseño Arquitectónico de Estructuras de Madera y Fabricación Digital Fab Lab (DEMFADI), impartida en la ETSA de Sevilla en el curso 2012-2013.

La extensión del presente artículo solo ha permitido presentar algunos de los trabajos realizados durante el curso. Sin embargo todos han contribuido de un modo u otro a extraer las conclusiones que aquí se presentan.

A todos ellos queremos trasladar nuestro más sincero agradecimiento y hacerlos partícipes del presente trabajo:

Fernández Iruzubieta, Javier; García Navarro, Alejandro José; Mora Bueno, Manuel/ López González, Carlota; Martínez Muñoz, Adrian Manuel; Olmedo Aguilar,



<sup>27</sup> Kotnik, T. y Weinstock, M. «Material form and force», en AD Material Computation, n° 216, 2012. págs. 105-107.



José Manuel/ Castro Alba, Javier; Martínez Huelva, Amparo; Raposo González, Juan José/ Díaz Cumplido, María Araceli; Domínguez Blanco, Olmo; Elena Martin, Manuel Hugo/ Aguilera Equino, Fernando; Álvarez Rodríguez, Ricardo Guillermo; Cabezón Barrero, Jesús; Álvarez Atienza, Abraham/ Gómez González, Carlos Luis; Quesada Amor, José Manuel; Rivero Blanco, Sergio; Sánchez Jiménez, Cristina/ Márquez Garfia, Encarna; Selfa Arjona, Alicia; Serrano Peinado, María Del Carmen; Simón Lobato, Irene/ Barrio López, Juan Carlos; Rodríquez Colubi Remartinez, Enrique; Ruiz García, David/ Ladrón De Guevara Vergara, Francisco; Martin Rizo, Joaquín; Martínez González, Lorenzo/ Cabeza De Vaca Marín, Rafael; Cordero González, Sebastián; González Vergara, Álvaro; Ramírez Fernández, Jesús/ Alfonso Ramírez, Isabel; Campos González, Francisco Manuel; Delgado Sánchez, Zulema Ma; López González, José Antonio/ Antequera Pavón, Víctor; González Cabrera, Laura; Lucio Rodríguez, Roberto Ángel/ Malo Morano, Santiago; Manuel De Villena Quijano, José Ignacio; Trujillo Fernández, Pedro/ Fernández Pino, Miguel Ángel; Marrodán Castro, Sara; Rio Aguirado, Pablo Del: Ruiz Sánchez, Jaime/ Cantero Gordillo, Eloy; Díaz Fuentes, Carolina; Pérez Ortega, María/ Olmedo Gutiérrez, Javier; Quilón Rodríguez, Irene; Virues Mera, Ismael/ Cortes Camacho, José Manuel; Ortega Nieto, Luis Alberto; Vázquez Marques, María Del Carmen/ Chaves Moreno, Estefanía Amanda; Cruz García, Marta; Díaz Patillas, Diego Rubén; Pacheco Ruda, Guillermo/ Domínguez Díaz, Cristina; Marín Moreno, Marta; Otero Harana, Rocío; Ruiz Pereiro, María De La O/ Freytas García, María De Los Ángeles; Garcés Rubiales, Manuel David: Lagares Cáceres, Juan Carlos: Sevilla Monago, Julia/ Borrego Plata, Álvaro; Gallardo Nieto, Alfonso; García-Hidalgo Troyano, Cristina/ Acosta Bejarano, Mario; Farace Gentile, Marcelo; Pérez García, Marta; Rojo Campazas, Julio Miguel/ Chalyy, Román; Martin Lozano, Pablo; Palomo Méndez, Daniel/ Macías Mojón, Argimiro; Morales Cifuentes, Carmen; Quero Velasco, Teresa/ León Sánchez, Carlos; Sabariego Redondo, Ignacio Agustín; Velasco Ramírez, María/ Arrans Gallardo, Álvaro; Chávez Romero, Alfredo; Jiménez Molero, José Luis; Satué Falla, Ángel/ Dueñas García, Noelia; Guerrero Zamora, María Teresa; Soler Gómez, Juan Luis/ Casatejada Gil, María Pilar; López Sánchez, Alfredo; Maggi, Camila; Ramos Dávila, Francisco/ Benítez De La Rosa, Manuel; López-Cepero Algeciras, Mercedes; Ramos Ruiz, Mª Dolores.

Así mismo queremos agradecer la participación como docentes a Antonio Sáseta Velázquez, Jaime de Miguel Rodríguez, Javier Aldarias Chinchilla y José Buzón González.

#### bibliografía

AA.VV. Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña. «FabLab House. Proyecto de ejecución para la competición Solar Decathlon 2010». Barcelona. Versión Septiembre 2010. AA.VV. «Timber innovation». A+U, n° 490, 2011. BALMOND, C; SMITH, J. Informal. Prestel. Munich, 2002.

BERNABEU A. Estrategias de diseño structural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond.
Tésis doctoral. UPM. Madrid. 2007.

DEMPSEY, A.; OBUCHI, Y. Nine problems in the form of a pavilion. AA Publications. Architectural Association. Londres, 2010.

IWAMOTO, L. Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques. Princeton Architectural Press. New York, 2009.

KOLAREVIC, B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York, Ed. Branco Kolarevic, 2003.

KOTNIK, T; WEINSTOCK, M. «Material form and force», en *AD Material Computation* n° 216. Marzo/abril 2012.

LARA, A.; ROIG, A.; DOMINGUEZ, I. Nueva generación en madera. Sostenibilidad y nuevas tecnologías en estructuras arquitectónicas. Catálogo de la exposición. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Sevilla, 2013.

LARA, A.; ROIG, A.; DOMINGUEZ, I. Nueva generación en madera. Sostenibilidad y nuevas tecnologías en estructuras arquitectónicas. Vídeo de la exposición: http://vimeo.com/76645657.

MENGES, A. «Material resource fullness. Activating material. Information in computational design», en *AD Material Computation*, n° 216. Marzo/abril 2012.

MENGES, A. «Megabytes de Madera. El Nuevo diseño computacional», en Arquitectura Viva nº137, Más madera de la artesanía a la robotización. Madrid, 2011.

MONEO, J. R. Sobre el concepto de arbitrariedad en arquitectura. Discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid. Enero 2005. Disponible en www.realacademiabellasartessanfernando.com/.../moneo\_rafael-2005.pdf.

NATTERER, J. et al. «Construir en bois», en Detail. Traducción francesa: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne. 2007.







OTTO, F. Conversación con Juan María Songel. G. Gili. Barcelona, 2008.

OXMAN, R.; OXMAN, R. «The New Structuralism. Desing, Engineering and Architectural Technologies», en *AD The New Structuralism* n°206, *Design, Engineering and Architectural Technologies*, julio / agosto 2006.

RODRÍGUEZ, M.A. Diseño estructural en madera : una aproximación en imágenes al estado del arte europeo a finales del siglo XX. AITIM. Madrid, 1999.

ROSS, P.; DOWNES, G.; LAWRENCE, A. Timber in contemporary architecture: a designer, s guide. Trada Technology, 2009.

SCHEURER, F. «Materialising complexity», en *AD The New Structuralism* n° 206, *Design, Engineering and Architectural Technologies*, julio / agosto 2006.

SELF, M.; WALKER, C. «Making pavilions». AA Publications. Architectural Association. Londres, 2011.

SONGEL, J. M. Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart. Una experiencia de metodología, investigación y sistematización en la búsqueda de la forma resistente. Tésis doctoral inédita, UPV Valencia, 2005.

TORROJA, E. Razón y ser de los tipos estructurales. 3ª ed. Madrid: CSIC; Ministerio de Fomento; CEDEX-CEHOPU; CICCP. Madrid, 2007.

WILLMAN, J. «El ebanista digital. Hacia la fabricación robotizada», en Arquitectura Viva nº 137, Más madera. De la artesanía a la robotización. Madrid, 2011.

El presente artículo surge como desarrollo de las investigaciones llevadas a cabo durante el curso 2012-2013 en el marco de la asignatura Diseño Arquitectónico de Estructuras de Madera y Fabricación Digital —Fablab— impartida en la ETSA de Sevilla, cuyo resultado final ha sido presentado en la exposición Nueva generación en Madera. Sostenibilidad y Nuevas Tecnologías en Estructuras Arquitectónicas. En dicha asignatura se planteaba el acercamiento a veinticinco arquitecturas en madera de los últimos años a través del análisis de documentación de proyecto y obra y la fabricación de un modelo estructural a escala mediante las tecnologías disponibles en Fablab Sevilla.

Antonio J. Lara Bocanegra ha sido profesor del Departamento de Estructuras de la Escuelta Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla; actualmente trabaja en su doctorado en estructuras de madera, sostenibilidad, diseño y fabricación digital; es adjunto a la dirección del Fab Lab Sevilla. Ismael Domínguez es Doctor Arquitecto, especializado en sostenibilidad y redes digitales. Antonio Roig es Arquitecto y especialista en diseño paramétrico; la primera fase de su doctorado se centró en las aplicaciones de diseño paramétrico en estructuras arquitectónicas.

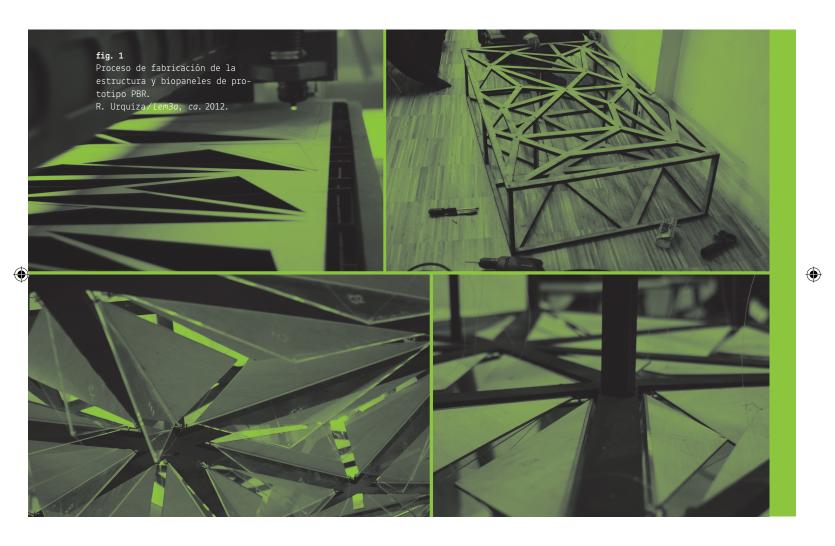
Fotografías de maquetas: Fotowork.es. Antonio Arévalo es fotógrafo de arquitectura e interiorismo. Ha realizado numerosos trabajos para diferentes medios y estudios de arquitectura, como Cruz y Ortiz Arquitectos.















Rafael Urquiza + Isidro Ladrón de Guevara

Eficiencia energética y pieles inteligentes. Diseño paramétrico y fabricación digital de una Piel Bioclimática Reactiva

Este artículo presenta una investigación aplicada de la teoría sobre Pieles Bioclimáticas Reactivas (PBR) al proceso de diseño y fabricación de una PBR real, explorando el potencial de la programación informática, las técnicas paramétricas y la fabricación digital.

El proyecto se desarrollo en tres fases. En primer lugar, se diseñó un bio-componente paramétrico capaz de adaptarse a cualquier tipo de superficie. En segundo lugar, se estudió el proceso de fabricación mediante la realización de dos prototipos funcionales no-reactivos. En tercer lugar, se fabricó un prototipo reactivo que integra un sistema inteligente de respuesta mecánica a las condiciones climáticas externas, empleando para ello Generative Components TM (GC), Arduino y Ubimash. Este prototipo fue expuesto y presentado en el IAAC en la conferencia SmartGeometry 2010. El Estudio de Arquitectura LEM3A empleó el concepto en el diseño de una vivienda bioclimática en New Hope, PA (USA).

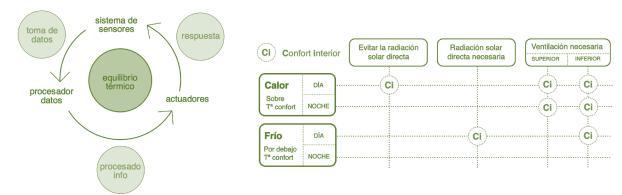
#### introducción

La piel es una de las estructuras biológicas más importantes para cualquier ser vivo como principal elemento de relación con el mundo exterior. Cumple numerosas funciones, desde la meramente estética, hasta la más compleja como intercambiadora de energía. La piel del edificio o fachada (del latín facia que significa cara) constituye el elemento fundamental de relación y transición entre el interior y exterior del edificio, convirtiéndose en «la cara del edificio a la ciudad». Surgen de la necesidad de las primeras estructuras arquitectónicas de protegerse contra las inclemencias del clima. A su vez, estas pieles, proporcionaban protección contra la intrusión de animales y otros humanos, determinando así el nivel de privacidad de la propiedad. Con el paso del tiempo, sus funciones ornamental y cultural han alcanzado una importancia similar a la de estas otras funciones.











# figs. 2 y 3

Modelo digital de piel bioclimática reactiva para espacio invernadero de vivienda en New Hope, EU [Estudio Lem3a, 2013].

# figs. 4 y 5

Proceso continuo de funcionamiento de una PBR y requisitos para mantener el confort interior [elaboración propia].

#### fig. 6

Imagen digital del código de nuestra PBR [elaboración propia].







Con la evolución de la tecnología digital y los nuevos materiales, la piel arquitectónica ha adquirido nuevas posibilidades estéticas y funcionales. Frente a éstas se han producido dos respuestas opuestas. En primer lugar, se ha originado una respuesta conservadora que se desvincula de los medios digitales y defiende la rotundidad de la arquitectura frente a la desmaterialización del mundo digital. Su diseño está compuesto de pocos materiales de gran pureza y asume un gran contenido figurativo y escénico, y sus formas en muchos casos, provienen de la función del proyecto. En el otro extremo, se produce una corriente que explota al máximo las nuevas tecnologías digitales o respuesta hípertecnológica. Desde la generación de las formas globales hasta la definición detallada de sus componentes, esta arquitectura emplea la potencia de los nuevos computadores y sus sistemas asociados de fabricación. En muchos casos, sus pieles están compuestas por componentes diseñados y fabricados por sistemas digitales, emplean nuevos composites de materiales y/o integran sistemas electrónicos embebidos en su propia estructura. Entre estos dos extremos aparece un nuevo tipo de piel arquitectónica que parece quedar fuera de las dos corrientes anteriores, pero que toma lo positivo de ambas y lo pone al servicio de la sostenibilidad. Las pieles que pertenecen a esta clase son denominadas Pieles Reactivas o Responsive Skins, y forman parte del concepto sostenible de low-energy o baja energía [1].

De la integración de ambos conceptos surge el término empleado en este artículo: Pieles Bioclimáticas Reactivas (PBR). Las PBR simulan los comportamientos inteligentes de las estructuras biológicas, reaccionando frente a estímulos externos para mantener el confort interior, y su empleo, pretende reducir al máximo la utilización de medios auxiliares de climatización [2].

Las PBR combinan estrategias bioclimáticas activas y pasivas, incluyendo sistemas de sensado y de procesamiento necesarios para determinar cuándo y cómo reaccionar. La reacción necesaria para adaptarse al cambio de las condiciones climáticas proviene de los denominados actuadores, elementos mecanoeléctricos o electrotérmicos, electro-ópticos, etc... Estas pieles tienen como estrategia pasiva: (a) el empleo de los

materiales más adecuados en función del clima en el que se ubican, (b) establecer un factor apropiado de forma para controlar el equilibrio energético, y (c) estudiar su posición en función de la orientación del lugar en el que se emplea.

Como estrategia activa, las PBR incorporan un sistema de sensado que permite informar a un procesador para producir una reacción determinada en los componentes o actuadores. Estos son los elementos que, al modificar su estructura o posición, producen una variación en el intercambio de energía entre el interior y el exterior del edifico. La secuencia lógica de funcionamiento de una PBR es un proceso continuo representado en el diagrama de la figura 4.

La reactividad de las pieles bioclimáticas puede generarse por dos sistemas distintos de actuación:

1 La activación de un sistema mecánico externo

determinado. Por ejemplo, una rejilla automatizada que se abre y se cierra para permitir la ventilación, un sistema de protección solar que se mueve para evitar o permitir la radiación solar, o cualquier otro tipo de actuador móvil.

2 Mediante la alteración física del material de la piel en función de cómo sus propiedades intrínsecas reaccionen frente a los cambios climatológicos. Por ejemplo un material que aumenta o disminuye su volumen según la humedad o la temperatura del ambiente para permitir la ventilación o el paso de la luz. En cualquiera de estos dos casos. el

# diseño de la estrategia bioclimática de nuestra PBR

tanto sistemas cinéticos o móviles.

sistema reactivo necesita una variación en su estructura para consequir mantener el equilibrio

térmico en el interior. Las PBR deben ser por lo

Para diseñar correctamente la Estrategia Activa de una piel bioclimática es fundamental conocer los dos factores principales que influyen en el confort bioclimático del ser humano, que según Victor Olgyay son la temperatura del aire y la humedad relativa [3]. En su *Gráfica Bioclimática* Olgyay representa dónde está la zona de confort y cuáles son los tres parámetros que podemos alterar para modificar la temperatura del aire y la



<sup>1</sup> Schittich, C. «Shell, Skin, Materials», en Building Skins, Detail Munich. Institut für internationale Architeltur-Dokumentation GmbH & Co, págs. 8-27. 2006.

<sup>2</sup> Wigginton, M. and Harris, J. Intelligent skins, Elsevier, Oxford, UK, 2002.

<sup>3</sup> Olgyay, V. Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Gustavo Gili, Madrid. 2008.



humedad relativa y llegar a un ambiente cómodo que son: a) la velocidad de flujo de aire, b) la radiación solar, y c) la evaporación (adición de aire húmedo).

Si modificando estos tres factores eficientemente no podemos entrar en la zona de confort, entonces tenemos que depender de calefacción o sistemas de refrigeración adicionales. Para el diseño de nuestra PBR consideramos razonable controlar dos de estos tres parámetros, la velocidad de flujo de aire y la radiación solar. Suponemos que la incorporación al diseño de elementos que producen humedad como la vegetación, fuentes, piscinas podría resolver la necesidad de una adición de humedad en el aire, controlando la evaporación. Para controlar estos parámetros la PBR debe:

- » Incorporar en su diseño sistemas de apertura para controlar la velocidad del flujo de aire produciendo ventilación cruzada natural. El aumento de velocidad del aire reduce el calor por convección, produciendo una sensación de frescor, y un aumento al mismo tiempo de la evaporación. Pero tenemos que controlar velocidad del flujo de aire, ya que por encima de 1.52 m/s podría ser desagradable para los ocupantes.
- » Controlar la radiación solar mediante la integración de una combinación de dispositivos de sombreado y sistemas de trampa de calor para tener un rendimiento flexible. Puede ser que tengamos la necesidad de permitir la radiación solar, y utilizar esta energía como un sistema de calefacción natural, o evitarla para mantener la temperatura en el interior. Teniendo en cuenta las variaciones diurnas y estacionales podríamos resumir en el esquema de la figura 5 algunos de los requisitos generales de la PBR para contribuir a mantener el confort interior de una estancia [fig. 5].

Sin embargo, estos no son los únicos factores que afectan a la regulación térmica. Si miramos a la Naturaleza, podríamos notar muchas diferencias entre las pieles de los animales dependiendo de la zona climática donde viven. La geometría de la piel que envuelve al animal, la rugosidad, el color, el tipo de cabello, son algunas de las técnicas pasivas para hacer frente a las condiciones climáticas. Esta peculiaridad del mundo natural nos lleva a la diversidad de las pieles arquitectónicas de acuerdo a los diferentes climas. Del mismo modo, la PBR debe tener características diferentes dependiendo de la ubicación del edificio. Esto es lo que llamamos en este artículo la estrategia

bioclomática pasiva. Técnicas pasivas tales como una combinación de materiales eficiente, la orientación, o el factor de forma son también cruciales para aprovechar las condiciones ambientales en favor de la eficiencia energética de un edificio [4]. El enfoque óptimo consiste en encontrar el equilibrio bioclimático entre todas estas características con el fin de equilibrar el incremento calor en las estaciones frías (debe ser máximo) y en las estaciones cálidas (debe ser mínimo).

Otra característica importante que podemos apreciar en las pieles naturales es la diferenciación. Por ejemplo, la piel que rodea los ojos es mucho más sensible y delgada que la piel de la palma de nuestras manos. Podemos encontrar en diferentes partes de nuestro cuerpo el pelo más largo, diferente rugosidad o diferente sensibilidad. Dependiendo de su ubicación tienen necesidades diferentes y por consiguiente, un rendimiento diferente. Del mismo modo, tenemos que pensar en las PBR como un sistema basado en la diferenciación para hacer frente a las necesidades variables en distintas orientaciones. Esta diferenciación produce una cierta complejidad y una de las formas de hacer frente a esta complejidad está en la utilización de un componente sencillo replicable (celular) que pueden poblar la piel de un modo orgánico para generar una estructura más versátil.

#### diseño y fabricación digital de una serie de prototipos de nuestra PBR

Para diseñar una Piel Bioclimática Reactiva es necesario generar una superficie compleja adaptable a diferentes orientaciones y que además esté formada a base de componentes que reaccionen a las variaciones climáticas, lo que llevó a la utilización de la tecnología digital de diseño y fabricación para el desarrollo de los modelos 3D y la fabricación de los prototipos. En el desarrollo de los modelos digitales se emplearon técnicas de diseño paramétrico para poder integrar todos los parámetros geométricos, bioclimáticos y de fabricación derivados de la complejidad de este tipo pieles. Su empleo permitió generar y visualizar una gran variedad de soluciones hasta seleccionar y depurar los modelos definitivos que se fabricaron. En concreto se utilizó el software



<sup>4</sup> Olgyay V., Olgyay A. Solar Control and Shading Devices. Princeton University Press. Princeton, 1963.



Generative ComponentsTM (GC) para el diseño paramétrico para desarrollar el concepto de Bio-Panel (BP) que se aplicó como componente principal de nuestra PBR. De acuerdo con las estrategias bioclimáticas activas y pasivas, la PBR debía incluir:

- » Paneles opacos (dispositivos de sombra).
- » Paneles transparentes
  (sistemas de trampa de calor y luz natural).
- » Sistemas de apertura manual (ventilación).
- » Combinación de materiales y colores.
- » Una geometría paramétrica adaptable (componentes triangulares).
- » Un factor de forma variable.

Cada componente de la PBR, aquí llamado 'bio-componente', está formado por tres Bio-Paneles (BP) y su geometría se inspira en un juego de origami basado en superficies triangulares idénticas que forman una estructura móvil [fig. 7].

Cada estructura triangular se compone de un BP cuyo ángulo de rotación local determina cual de sus caras interactúa con el exterior. Además, se fijó un triángulo para la base del bio-componente que permitiera adaptarse a una malla triangular y generar así cualquier tipo de superficie, desarrollable o no desarrollable.

Cada BP se compone de dos triángulos de forma similar pero cada uno compuesto por un material diferente (opaco o traslúcido) y unidos a lo largo de uno de sus lados formando un ángulo de 90°. Por lo tanto, cuando se produce una rotación en torno a este eje común el BP adquiere diferentes funciones (captación, protección, o ventilación) de acuerdo con los parámetros climáticos externos.

El ángulo de rotación del BP es la variable que determina el funcionamiento de la PBR, y en ella está incluida la estrategia bioclimática activa, traducida a un código paramétrico de GC. Mediante este código generamos las relaciones geométricas para el correcto funcionamiento de los bio-componentes en cualquier tipo de superficie en la que se apliquen [fig. 8, pág. siguiente].

Una vez desarrollado en GC el modelo digital de la PBR procedimos a la fabricación digital del primer prototipo estático simplificado (no-reactivo) para explorar los detalles constructivos y el sistema estructural. Para este primer modelo se utilizó cartón piedra (2,5 mm. de espesor) para la estructura, y Cartomat y metacrilato transparente (1,5 mm. de espesor) para los Bio-Componentes. A partir del modelo digital de GC preparamos los planos de fabricación digital de los paneles y los elementos estructurales y los enumeramos



convenientemente para su posterior identificación. A continuación procedimos a la fabricación digital mediante una máquina de corte láser,

fig. 7 Estructura móvil de origami [elaboración propia].

que en tan solo 20 minutos cortó los 336 paneles y los 23 elementos estructurales que forman este primer prototipo [fig.9, pág. siguiente].

Esto refleja la eficiencia en términos de fabricación, aun más, teniendo en cuenta la perfección en el corte y la diferenciación geométrica de las piezas. En este caso lo que más tiempo consumió fue el proceso de montaje de las piezas, aunque la enumeración y el perfecto encaje entre ellas facilitó mucho esta labor.

Habiendo comprobado el correcto funcionamiento de las uniones estructurales, se comenzó con el estudio de los sistemas de rotación para lo que se construyó un segundo prototipo móvil (no reactivo) a una escala mayor. Se seleccionó una parte del prototipo anterior y se escaló con el fin de trabajar directamente con los BP y los mecanismos de giro. Hasta conseguir la ubicación correcta de los ejes de rotación se tuvieron que realizar varios prototipos de prueba debido a un movimiento de translación asociado al giro que producía un mal funcionamiento del BP. Este problema se solucionó mediante la colocación del eje de giro justo en la unión de los dos paneles triangulares, con lo que se eliminaba dicho movimiento. Para el segundo prototipo terminado se empleó madera DM para la estructura (7,5 mm de espesor) y acrílico de varios colores para los BP (2,5 mm de espesor) [fig. 10, pág. siguiente].

Una vez realizado el estudio de los mecanismos de rotación faltaba introducir al sistema un comportamiento reactivo que permitiera a los paneles



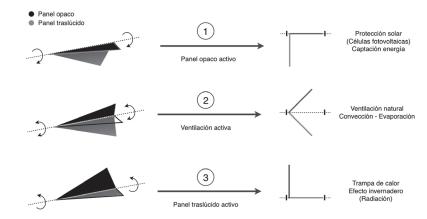


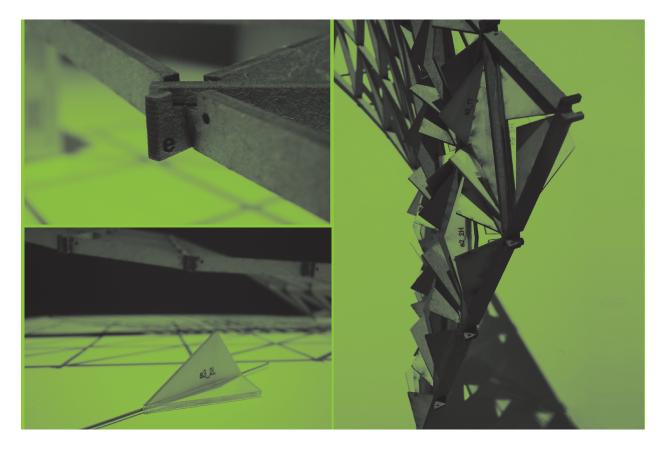




fig. 8
Diagrama de posiciones de
los Bio-paneles
[elaboración propia].

fig. 9 Proceso de construcción del prototipo estático no-reactivo [elaboración propia].













posicionarse convenientemente en tiempo real según los parámetros climáticos externos. Para ello desarrollamos un tercer prototipo en colaboración con Grammatiko, K. (Arup), y Ferraris, F. (Sybarite) en las instalaciones del IAAC (Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña) en Barcelona. El proyecto de desarrollo y construcción de dicho prototipo fue aceptado como propuesta para el taller Parametrics and Physical Interaction del encuentro SmartGeometry 2010, y fue supervisado por Salim, F.D. (SIAL), Mulder, H. (Arup) y Jaworski P. (Foster + Partners).

#### comportamiento Sensible-Reactivo.

El siguiente paso fue la fabricación de un prototipo que respondiese en tiempo real a estímulos de luminosidad y temperatura. Para incorporar esa capacidad reactiva a nuestro diseño de PBR era necesario conocer cuándo y cómo tenía que reaccionar nuestra piel. Para ello, fue fundamental dotar al modelo de un sistema de receptores o sensores que recogieran los parámetros climáticos externos, de un sistema de procesadores que evaluaran la respuesta óptima, y de un mecanismo de actuadores que la llevara a cabo. Básicamente, el funcionamiento es el siguiente: los datos recogidos por los sensores son procesados en un bucle continuo por un código lógico de control que devuelve el ángulo de rotación necesario en nuestros BP para mantener el confort interior del edificio donde se aplica la piel. Por lo tanto, nuestra PBR debe ser un sistema inteligente capaz de recibir información (input) de los diferentes sensores y transformarla en una respuesta concreta (output) en los actuadores bioclimáticos.

Entre otros materiales, empleamos madera DM para la estructura, metacrilato transparente y contrachapado para los BP, 14 sensores de luz y uno de temperatura, 3 placas de Arduino (*Duemilanove*) [5] y 14 servomotores.

La integración de todos estos materiales para la fabricación de este prototipo se realizó en tres fases:

- » Fase 01. Diseño del sistema estructural basado en los prototipos anteriores.
- » Fase O2. Diseño del sistema mecánico para producir el movimiento de los Bio-componentes.
- » Fase 03. Diseño del código de Arduino y del sistema electrónico.

#### fase 01

El proceso de la fabricación digital fue similar al prototipo anterior pero en una versión simplificada y utilizando diferentes materiales debido al mayor tamaño de este modelo (1,5 x 0,9 x 0,37 m). Se utilizó MDF de 16 mm. para la estructura y madera contrachapada y acrílico transparente de 3 mm. para los BP. El prototipo tiene un total de 14 Bio-componentes formados por 42 BP, y cada BP incorpora una bisagra (barra PVC de 3 mm. de diámetro) que conecta el BP con la estructura mediante dos pernos metálicos.

#### fase 02

Después de estudiar diferentes opciones, se utilizó un sistema de tracción para simplificar los elementos mecánicos. Cada BP se conectó a la estructura con el eje de rotación en posición horizontal para permitir el giro por gravedad. El movimiento de rotación lo genera un tensor de nailon que tira hacia arriba desde la esquina libre del BP (la opuesta al eje de giro). Los tensores están conectados a un brazo mecánico que es accionado por su servomotor correspondiente. De este modo un grupo mecánico queda compuesto por un servomotor, un brazo móvil con su sistema de tensores, y un Bio-componente completo con sus tres BP.

El diseño del sistema mecánico obliga a una nueva configuración simplificada de la estructura y las bisagras de rotación de los prototipos anteriores. Este modelo se basa en una superficie plana para aplicar los Bio-componentes y una estructura en dos capas horizontales conectadas, lo que permitió la colocación de los grupos mecánicos en la capa superior y de los Bio-componentes en la inferior. Esta distribución de los diferentes elementos del prototipo en distintas capas permitió una organización más eficiente de todo el cableado eléctrico y los grupos de servomotores.

#### fase 03

Una vez diseñado el procedimiento mecánico para mover los BP, fue necesario establecer los valores concretos de rotación de los servomotores y el momento en el que debían moverse. Para ello la PBR tiene que incorporar un sistema inteligente capaz de conocer los parámetros climáticos externos y actuar en consecuencia. El elemento que hace inteligente a nuestra PBR es la placa Arduino, una plataforma de software y hardware libre capaz de recibir datos (input) de diferentes sensores y



<sup>5</sup> http://arduino.cc/ [VISITADO EL 20-03-2010]



producir una respuesta (output) mediante el control de los dispositivos electrónicos [6].

Una placa Arduino (Duemilenove) puede alimentar a un máximo de seis servomotores (seis grupos mecánicos), así que necesitamos tres placas para controlar los 14 Bio-componentes. Todo el sistema electrónico del prototipo lo organizamos en tres grupos electrónicos formados cada uno por sensores de luz y temperatura, una placa Arduino y todo el cableado necesario. Estos grupos electrónicos ya eran capaces de leer los datos de temperatura y luminosidad, pero necesitaban la fórmula adecuada para procesar estos datos de acuerdo con las necesidades de la PBR. El microprocesador de la placa Arduino (hardware) tiene que ser controlado por código escrito en el lenguaje de Arduino. Este código, basado en lenguaje de programación C, es la manera de establecer el comportamiento bioclímatico que la PBR necesita. Para ello escribimos un algoritmo con el software de Arduino que determinaba la actuación deseada de los Bio-componentes, asociando un ángulo de rotación determinado a unos valores de luminosidad y temperatura concretos. Este código se instaló en cada una de las placas Arduino y se fue actualizando en un proceso de refinamiento.

Completando este prototipo se obtuvo un modelo físico cinético de la PBR que reacciona a la luz y la temperatura. De este modo, los sensores recogen datos del exterior, el Arduino los procesa y los BP reaccionan en consecuencia. El flujo de información pasa únicamente en una dirección. Es por ello que como ejercicio experimental decidimos invertir la dirección de este flujo para visualizar la reacción del prototipo físico en el modelo digital de GC. La intención era visualizar en la pantalla de nuestro ordenador las modificaciones geométricas que sufriera el prototipo físico de acuerdo con los datos climáticos recibidos. Para ello utilizamos *Ubimash 3.0*, un software libre para conectar dispositivos físicos con programas de CAD[7]. Conectamos por lo tanto Arduino con el modelo digital de GC de modo que podíamos ver en tiempo real como se implementaban en el 3D los cambios producidos en el prototipo a consecuencia de las lecturas de los sensores.

6 http://arduino.cc/en/Main/Hardware [V. 20-03-2010]
7 http://ubimash.com/ [V. 20-04-2010]. Salim, F. D., Mulder,
H., Burry, J., «A System for Form Fostering: Parametric Modelling of Responsive Forms in Mixed Reality», en Proceedings of the Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2010, Hong Kong, China.

figs. 9, 10 y 11 Imágenes de prototipo estático no reactivo y de prototipo móvil no reactivo [elaboración propia].

Esta versatilidad para conectar entornos virtuales y físicos en ambas direcciones al mismo tiempo abre un nuevo abanico de posibilidades en el proceso de diseño paramétrico. Creemos que esta innovadora metodología de trabajo también afectará a la práctica digital contemporánea no sólo en el diseño de pieles bioclimáticas reactivas, sino también en el diseño de las futuras herramientas de diseño interactivo.

# aplicación del concepto de PBR en una vivienda bioclimática por el Estudio de arquitectura Lem3a.

Desarrollado el prototipo cinético, se puso a prueba el potencial de la PBR en un proyecto real de modo que quedara integrada como invernadero (sistema activo), complementando así el diseño de una vivienda bioclimática. Como proyecto de ensayo fue empleado en el encargo de un promotor privado al estudio de arquitectura Lem3a para el diseño de su propia vivienda en New Hope (PA), EE.UU. En la actualidad, este trabajo se encuentra en estudio de viabilidad económica [fig. 13].

En primer lugar, se estudiaron las condiciones climáticas del solar y se definieron las estrategias bioclimáticas pasivas y activas.

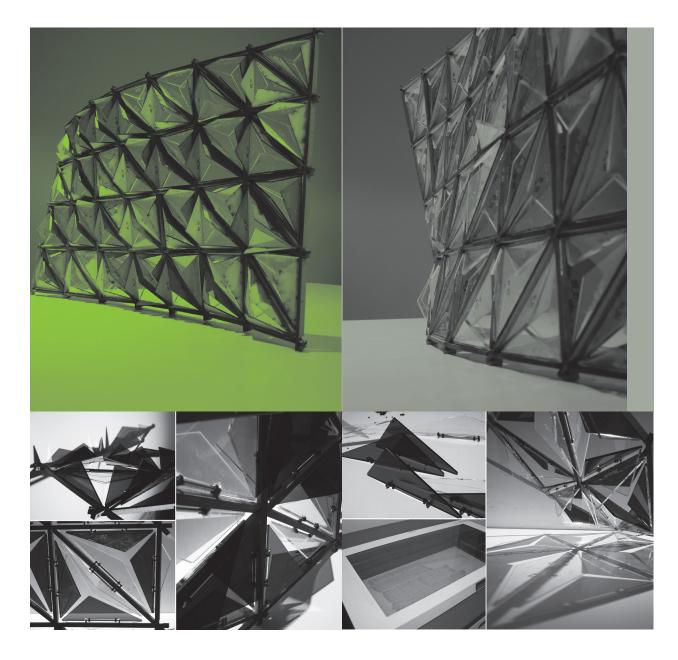
La estrategia bioclimática pasiva se centró fundamentalmente en el desarrollo de la geometría exterior de la vivienda empleando las orientaciones óptimas de acuerdo con la carta solar de New Hope. Definimos una malla triangular usando los ángulos que producían la ganancia mínima de calor en verano y la máxima en invierno. Basándonos en esta malla, los límites del solar y el programa, definimos el volumen principal. Como parte del sistema pasivo diseñamos una piel ventilada de hormigón prefabricado (GRC) de diferentes colores combinados con jardines verticales, e incluimos un jardín en la cubierta. Además, la casa se levantó desde el suelo para mejorar la ventilación natural [8].

Como Estrategia Bioclimática Activa se decidió utilizar la PBR para cubrir un grupo de patios adheridos



<sup>8</sup> http://estudio.lem3a.es/proyectos/p001/index.php [V. 08-04-2010]











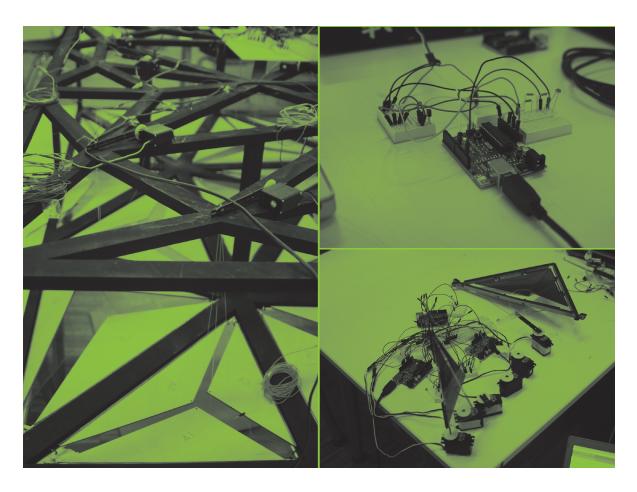


fig. 12
Proceso de fabricación
de los grupos electromecánicos del prototipo móvil reactivo [elaboración propia].









a la casa, con la intención de convertir estos patios en burbujas bioclimáticas con tres objetivos principales: la captura de energía solar, la acumulación de esta energía y su distribución por toda la casa. Creamos una especie de sistema de invernaderos asociado a los espacios principales de la casa para hacer uso de la energía natural. Combinamos las funciones de las BRS (sistemas de sombra, sistemas de captura de calor y ventilación) con control de humedad mediante la integración de la vegetación y una piscina en el interior de los patios principales. También utilizamos las células fotovoltaicas en los paneles opacos para producir la energía necesaria para impulsar los servomotores de los bio-componentes. Para la superficie global de la PBR se utilizó una superficie triangular para incrementar el factor de forma del edificio de acuerdo a las necesidades bioclimáticas del lugar. Debido a la naturaleza paramétrica de la PBR la generación de las burbujas bioclimáticas fue un proceso muy eficiente. Como punto de partida se empleó el código original de la PBR diseñado en GC que se adaptó perfectamente a la geometría y condicionantes de la vivienda. En el proceso de integración de la PBR se establecieron tres fases: generación de la superficie paramétrica adaptada a la qeometría existente (1), aplicación del componente sobre la superficie base generada (2), y combinación de la PBR con la vivienda Bioclimática (3).

## comentarios

La falta de flexibilidad de los diseños de pieles tradicionales ha producido que la arquitectura bioclimática tenga que dotarse de sistemas reactivos que permitan una intervención adaptable de las pieles bioclimáticas. La integración de sistemas de sensado, procesamiento, y actuación, forman parte de multitud de proyectos de investigación relacionados con el desarrollo de pieles bioclimáticas.

Un ejemplo interesante es el sistema reactivo cinético *Mimosa* de Taysheng Jeng, desarrollado en la Nacional Cheng Kung University de Taiwán. Jeng defiende la necesidad de incorporar mecanismos complejos a la arquitectura capaces de absorber las variaciones climáticas [9]. La arquitectura se vuelve

entonces responsiva, de modo que es capaz de simular la capacidad de adaptación de los organismos vivos. Desarrolla así un prototipo de piel reactiva en el que estudia los diferentes tipos de mecanismos móviles para conseguir el comportamiento cinético del modelo. Según Jeng, el movimiento de las juntas entre componentes puede ser de tres tipos: corredero (sliding), de rotación (rotating), o de torsión (twisting). Cada uno de ellos genera un tipo de diseño diferente, en el que también quedan regulados los niveles de automatización.

En cualquiera de estos tres casos de sistemas reactivos, Jeng sostiene que, gracias a la computación aplicada a la arquitectura, este campo avanza rápidamente en busca de la flexibilidad, el dinamismo, y la adaptabilidad de las pieles bioclimáticas.

Para este tipo de sistemas mecánicos reactivos es necesaria la integración de disciplinas como la ingeniería industrial y la arquitectura, entre otras, como defiende Nimish Biloria en su artículo Emergent Technologies and Design [10]. Biloria estudia diferentes tipos de actuadores inteligentes basados en las propiedades intrínsecas de los materiales. En concreto, como parte del grupo de investigación Hyperbody de la Universidad de Tecnología de Delft, desarrolló un prototipo cinético que reaccionaba a estímulos lumínicos recogidos por un sistema de sensado incluido en la propia piel.

Cualquier sistema reactivo en tiempo real en busca de una arquitectura inteligente debe ser complejo y no complicado. Mahesh Senagala de la Universidad de Texas, define los sistemas reactivos complejos como aquellos en los que intervienen varios factores relacionados, siendo tan importantes estas relaciones como los elementos en sí mismos.

En contraposición, en un sistema complicado, sus elementos no guardan ninguna relación entre sí. Sengala comenta diferentes proyectos de investigación que emplean sistemas responsivos en tiempo real en su artículo Kinetic, responsive and performative: A complex-adaptive approach to smart architecture [11], y destaca que la complejidad que abarcan puede ser controlada gracias a la tecnología digital. Proyectos como Topotransegrity de 5Subzero Studio o The Muscle de Oosterhuis\_Lenard,



**<sup>9</sup>** Pan, C.A., Jeng, T. «Exploring Sensing-based Kinetic Design for Responsive Architecture». *Conference of Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, Chiang Mai, Thailand. Vol. 35, págs. 285-292. 2008.

<sup>10</sup> Biloria, N. Emergent Technologies and Design. Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, págs. 441-447. Lisboa, 2005.

<sup>11</sup> Senagala, M. Kinetic and responsive: A Complex-adaptive Approach to smart Architecture. Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digitial. Págs. 505-510. Lima, 2005.



muestran diferentes mecanismos para hacer reactivo un sistema en tiempo real empleando pistones neumáticos, y sistemas inflables respectivamente.

Dada la complejidad que van tomando los sistemas reactivos es totalmente necesaria la colaboración multidisciplinar entre arquitectos e ingenieros como defiende Tristan d'Estrée Sterk[12].

En el MIT (Massachussets Institute of Technology) también hay una línea de investigación sobre pieles reactivas. En su proyecto Soft Façade Cardoso, D., Michaud, D., y Sass, L. trabajan con materiales plásticos ETFE (etileno-tetrafluoroetilenos) que responden a sensores de presión. La intención es emplear este tipo de piel en edificios de gran altura donde el usuario pueda modificar las propiedades de trasmisión y reflexión del ETFE simplemente tocando los sensores de presión embebidos en la propia piel [13].

Neri Oxman, dentro de la misma línea de investigación en el MIT, trabaja sobre la capacidad de producir un cambio en la estructura de la piel a consta de alterar las propiedades intrínsecas del material. En este tipo de pieles reactivas es necesario estudiar detenidamente las capacidades mecánicas del material, ya que éstas serán las encargadas de producir el cambio de forma o posición necesario, a la vez que definen su comportamiento.

En otras universidades, como en la de Stuttgart en Alemania, se investiga también sobre las propiedades reactivas inherentes a los propios materiales. En concreto, Achim Menges ha desarrollado diversos trabajos de investigación en este campo utilizando las propiedades de la madera como material cambiante. Menges defiende que hay que integrar las propiedades de los materiales dentro del proceso de diseño paramétrico. En su proyecto de investigación Wooden lattice structure with robotically fabricated laths of non-uniform cross section and stressed actuator skin Menges desarrolla una piel reactiva a base de componentes de madera que mutan en función de la

humedad del ambiente [14]. En una serie de análisis previos, se estudiaron diferentes grosores de las láminas de madera y distintas orientaciones de las fibras para conseguir un amplio espectro de respuestas del material. Todo el proceso de diseño y fabricación del prototipo final fue realizado digitalmente, lo que permitió integrar los parámetros del material como parte de la lógica del proyecto.

Este mismo tipo de sistema reactivo es empleado en la Universidad de Aalborg en Dinamarca para el desarrollo de una piel bioclimática basada en la estructura variable del metal asociada a los cambios de temperatura. Anke Pasold e Isak Worre crearon un modelo paramétrico que integra las características de una serie de tiras de metal que cambian su forma, permitiendo, la ventilación del interior del edificio, y la regulación del paso de la luz[15].

Otro proyecto desarrollado en la Architectural Association de Londres. lleva a cabo un estudio sobre pieles bioclimáticas reactivas empleando un composite de fibra sintética. Éste es capaz de cambiar su porosidad a través de un sistema integrado de sensor de temperatura y actuador llamado Shape Memory Alloys (SMas) [16]. La fibra que forma la piel esta generada a base de un termoplástico combinado con resina que permite alterar su estructura empleando SMas. En concreto, esta piel fue diseñada para mejorar la eficiencia energética de un edificio acristalado de gran altura en Atenas, The Piraeus Tower. Su funcionamiento se basa en la capacidad de la SMas para reaccionar a distintos parámetros de temperatura. A cada poro se le asocia una determinada abertura en función de la temperatura, lo que varía la trasparencia de la piel en tiempo real. De este modo, se controla la incidencia de la radiación solar sobre la fachada acristalada de la torre, regulando así las ganancias térmicas.

Como ya se ha comentado, uno de los principales mecanismos bioclimáticos es la ventilación, ya que





<sup>12</sup> D'Estrée Sterk, T. (2006); «Shape Control in Responsive Architectural Structures». Association for Computer Aided Design in Architecture Conference 2006. San Diego, CA., págs. 251-260.

<sup>13</sup> Cardoso, D., Michaud, D., Lawrence, S. (2007); «Soft Façade: Steps into the Definition of a Responsive ETFE Façade for High-rise Buildings». 25th Education and Research in Computer aided architectural design in Europe. Frankfurt, Germany. Vol. 12, págs. 567-573.

<sup>14</sup> Menges, A. (2010): «Material Information: Integrating Material Characteristics and Behavior in Computational Design for Performative Wood Construction». Association for Computer Aided Design in Architecture Conference 2010. New York. 151-157.

15 Pasold, A., Worre, I. (2010), «Performative Responsive Architecture Powered by Climate», en Association for Computer Aided Design in Architecture Conference 2010. New York. págs. 243-249.

<sup>16</sup> Doumpioti, C., Greenberg, E., Karatzas, K. (2010): Embedded Intelligence: Material Responsiveness in Façade Systems.

Association for Computer Aided Design in Architecture Conference 2010. Nueva York, págs. 258-262.





facilita el intercambio de aire a distintas temperaturas y la renovación del mismo. Breathing Building Skin es un proyecto de investigación de Scott Crawford que estudia en profundidad este mecanismo imitando el funcionamiento de los pulmones humanos [17]. Esta piel se basa en un sistema de diafragmas y de actuadores (cilindros neumáticos) que permiten el movimiento de aire en los dos sentidos. Se realizaron una serie de prototipos empleando como materiales principales composites de plástico y tela. Las propiedades elásticas de estos composites permitió el movimiento de los componentes triangulares que forman los diafragmas.

Nuestro proyecto se encuadra aquí, respondiendo a la obvia y creciente necesidad en nuestro medio de introducir estos conceptos en la práctica profesional, aplicando la tecnología disponible de una forma razonable y razonada que es siempre la medida de los avances perdurables.

17 Crawford, S. (2010): A Breathing Building Skin. Association for Computer Aided Design in Architecture Conference 2010 New York, págs. 211- 217.

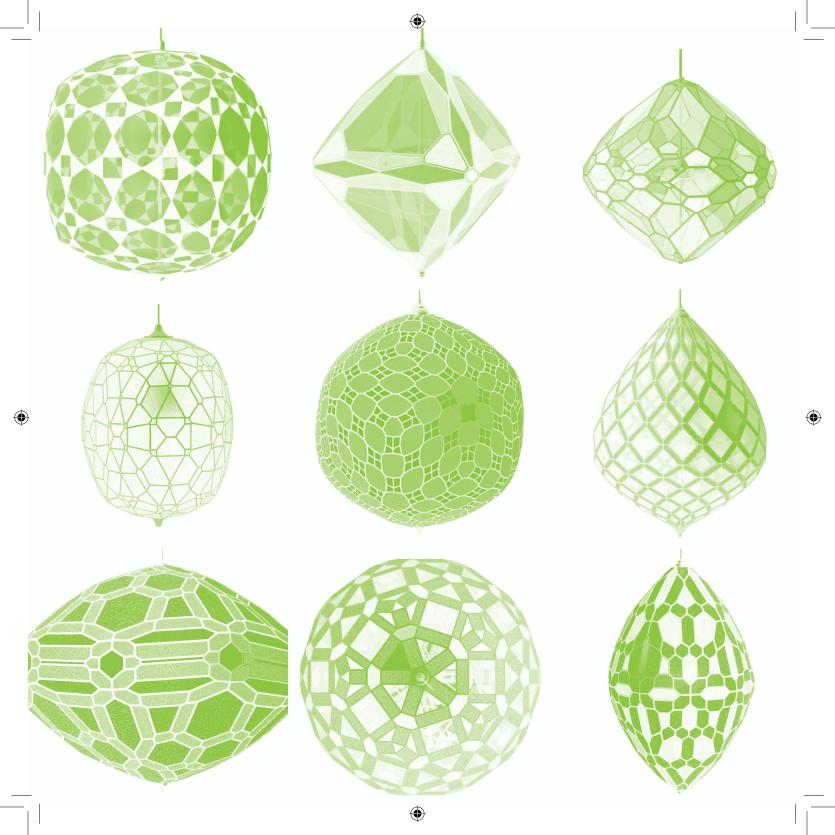
# agradecimientos

A mis colaboradores en *Lem3a Arquitectura Avanzada* por su generosidad al permitirme el uso de nuestro ejemplo en este artículo.

Rafael Urquiza es Doctor Arquitecto. Su oficina Lem3a está ubicada en Málaga. Realizó estudios e investigaciones en arquitectura digital en la Universidad de Melbourne. Es miembro organizador de SmartGeometry. En 2013 lanzó la empresa de servicios a la fabricación digital CorteBox, premio SpinOff de la Universidad de Málaga.

Isidro Ladrón de Guevara es colaborador de Lem3a.







# Los Polipiedros Sevillanos

Sevilla es un laberinto, lo había oído pero creía que no era más que una exageración de promoción turística. Efectivamente, es un extraño laberinto formado por complicadas maclas y retorcidas calles, y ahora ando perdido por él, recorriendo con embeleso sus enrevesados entresijos, llenos de encrucijadas y apariciones. La noche, calurosa, es de luminoso azul ultramarino, la luz de las calles es deliciosamente discontinua. Amarillo intenso cerca del castizo farol de sodio. Pronto acaba el círculo amarillo y en la penumbra el suelo brilla sospechosamente, y otra vez, de un balcón, de un escaparate, de otro farol, vuelve la luz, acompañando al paseo, casi con ritmo, al compás dicen aquí.

A la vuelta de una calleja con forma de cimitarra, la ya alargada sombra es interrumpida repentinamente por el resplandor multicolor procedente de varios inmensos escaparates, que forman parte de una dulce fachada construida en el ambiguo estilo modernista de la tierra: es la tienda de lámparas, famosa en el mundo entero, Los Polipiedros Sevillanos, establecimiento donde se diseñan, fabrican, exponen y venden a una clientela planetaria las conocidísimas lámparas de cristal de la tradicional artesanía andalusí. Con tecnología de última hora, aplicada al diseño y a la fabricación, la empresa ha sabido continuar y renovar la centenaria tradición de una geometría popular utilizada para convertir el acto de iluminar en una mágica emoción.

fig. 1
Familia de polipiedros
generados con Grasshopper.
Antonio Sáseta, 2013.





Atraído como la polilla por la vela, extasiado me dirijo directo a la luz. Que no entre quien no sepa geometría, pienso, que como en la puerta de la academia habría que colocar aquí, mientras cruzo el umbral de una invitadora puerta abierta de par en par, y estoy dentro de la tienda sin que nada ni nadie me ponqa impedimentos.

Lo que se veía desde la calle no es nada comparado con el universo poliédrico de colores que ahora me rodea por todas partes en esta tienda de ensueño. Los amplios espacios que configuran las bóvedas sobre finas arquerías que se extienden por patios y galerías están completamente ocupados por miríadas de lámparas de todos los tamaños, formas y colores, colgando a todas las alturas y encendidas como ascuas caleidoscópicas. Las paredes que se adivinan al fondo están recamadas de apliques y plafones que multiplican la luz y la policromía. Me siento como si estuviera sumergido en una espuma poliédrica multicolor. Toda fantasía que tenga que ver con formas poligonales, números y colores, tiene aquí su satisfacción.

Perdido en el nuevo laberinto cristalino de los agujeros de gusano que permiten pasear entre las lámparas, no puedo dejar de evocar el otro laberinto callejero: ¿Encrucijadas y entrelazamientos, colores y luminosidades del pensar de un pueblo condenado al consuelo de la melancólica geometría, único permitido por el Corán? ¿Costumbre de acomodarse en el seguro silencio de la abstracción geométrica? ¿Afición a la sequedad numérica por miedo a lo erótico metido en el cuerpo desde la infancia por oscuros personajes nacidos en esta tierra de la luz? ¿Se podría citar como una contradicción andaluza el gusto por la fría geometría y a la vez por lo texturado y polícromo?

Si algo así existe en esta tienda está su manifestación. Extraviado entre lámparas y reflexiones, admirado y deslumbrado por el colorido de los luminosos cristales y los brillos de plata y oro multiplicados mil veces por espejos eventuales, voy medio comprendiendo quizás el por qué de este establecimiento y su éxito en qustar a todo el mundo.

En esto me sale al paso un atildado personaje, un dependiente de la tienda:

—Veo, caballero, que le gustan nuestras lámparas. Observe que las hay de todos los tamaños, calidades y precios. Nuestros productos están pensados para todos los públicos y sin excepción están realizados uno a uno por las manos de artesanos especialistas. Tanto el rico como el pobre, a la medida de sus posibilidades económicas, pueden llevarse una muestra de esta amable

artesanía. La lámpara podrá ser más cara o más barata pero, a diferencia de la producción industrial, todas llevan un trocito del amor que el artesano ha puesto en la obra, y en esto consiste la verdadera calidad. Ese es el carácter democrático que tiene la artesanía frente al encuadramiento de lo industrial. Y en contraste con la monotonía repetitiva habitual, todas son distintas, raramente repetimos los modelos, tanta es la creatividad de nuestros diseñadores, así que puede estar seguro que su lámpara será única, su casa lucirá diferente a cualquier otra, y sin embargo, cuando la encienda, percibirá terapéuticamente el aire de familia, el estilo, la evocación del tiempo compartido.

—¿Es cierto que no repiten los modelos?

—Efectivamente. Y sin gran esfuerzo, es por la capacidad combinatoria infinita de las formas poliédricas; y además está el colorido, fíjese, por ejemplo, en estos dos modelos que tenemos aquí: son del mismo tamaño, la misma forma, el mismo número de cristales pero de distintos colores, variando la combinación del colorido resultan, como ve, dos lámparas completamente diferentes, dos formas de iluminar que pueden inducir dos emociones muy distintas, ¿no es verdad?

—Ciertamente. Es muy interesante, se llega a insinuar incluso la posibilidad de una especie de lenguaje de un entendimiento por vía de lo sentimental del arcano y triste arte de la geometría.

—Observo muy complacido, señor mío, que nos comprende a la perfección, un cliente tan inteligente como usted desearía, seguramente, ver todo nuestro sistema de fabricación y yo, su humilde servidor, muy gustosamente le acompañaré en una visita a los talleres de la casa, será para mí un placer y un orquilo.

—Es una magnífica proposición y estoy dispuesto a seguirle con mucho gusto en la visita a este laberinto que me tiene fascinado.

Con una brillante sonrisa, diligentemente, el dependiente se vuelve y me hace un gesto para que le siga y ahí vamos los dos a través del mar de poliedros, atravesando patios repletos de lamparería siempre encendida, hacía unas puertas cristaleras que están rotuladas con la palabra «DISEÑO». Entramos en una amplia sala llena de mesas de dibujo ocupadas en su totalidad por ordenadores. La luz piadosamente se apacigua en una semipenumbra iluminada por los resplandores fosforescentes de las pantallas. Los diseñadores, como sombras ocupadas en extraños sortilegios, están atentos a las formas jeroglíficas que aparecen en ellas. Discretamente me acerco a una chica









que de concentrada como está en su trabajo de momento no se percata de mi presencia, hasta que el dependiente con un leve carraspeo llama su atención:

—Señorita Cloto, le presento a un cliente muy interesado en conocer nuestra forma de trabajo y nuestros sistemas de fabricación.

La chica me mira sin verme de momento ensimismada como está en su labor. En la pantalla gira una extraña forma qeométrica de colores emitiendo destellos.

—Cloto la que hila el hilo de la vida —digo yo para hacerme el simpático.

Ahora se ha apercibido de mi presencia, su mirada desde el infinito viene a fijarse en mí, sus ojos brillan, su cara se ilumina, su entusiasmo es evidente. Sonriendo empieza a hablar, se nota que le gusta lo que hace.

—Pues sí, un comentario acertado porque bien mirado nuestro grupo se ocupa de hilar el hilo de la geometría. En estos momentos la sección de diseño está siguiendo una metodología que consiste en partir de un poliedro madre, una preforma, y como un diamante, tallarlo, truncando vértices, biselando aristas, apuntando caras, etc., para convertirlo en un brillante. Aquí nos ocupamos de construir los programas básicos para que otros fabriquen las herramientas informáticas para la labor de tallado que realiza finalmente el grupo de creativos.

Su aire menudo, su hablar competente, entusiasta y un poco redicho, consiguen captar toda mi atención, la sonrisa del dependiente se estira y a punto está de convertirse en un gato de Cheshire.

—Por seguir su imagen podemos imaginar un poliedro como una telaraña de hilos, cada hilo representa una relación entre entidades, esto se suele representar como un grafo. Las entidades pueden ser de varios tipos, nosotros identificamos tres clases de entidades geométricas: aristas, caras y vértices —se levanta con viveza y se pone a escribir en una pizarra que tiene al lado—. Llamémoslas 'A', 'C', 'V'. Estas son nuestras entidades porque los programas que vamos a usar, Rhino y Grasshopper las entienden como tales y las dibujan. Matemáticamente en sentido estricto ni 'A' ni 'C' son verdaderas entidades sino combinaciones (telarañas) de 'V'. Lo que nosotros hacemos es construir bases de

datos que representen al poliedro y nos den toda la información que deseemos para cualquier requerimiento. Por ejemplo, podemos necesitar conocer los 'V' de 'C', o las 'A' de 'C', o las 'A' de 'A', etcétera —se da cuenta del aire de perdido que se me está poniendo.

—Veamos, partimos de un poliedro cualquiera, una preforma, podemos dibujarla en Rhino y hallar en Grasshopper la base de datos inicial o redactar ésta, bien sea con grass mismo o con cualquier otro programa y leerla como un file de texto. La base de datos de partida consta de una lista de 'V', cada 'V' tiene un índice (el orden de aparición en la lista) y sus tres coordenadas ('x', 'y', 'z') —entonces él escribe:

—Observe que cada 'V' tiene dos nombres, su índice y un tripleto de números, sus coordenadas, o sea que nos dirigimos a él o por su orden de aparición en la lista o como entidad geométrica dada por sus coordenadas cartesianas.

—Entiendo —digo yo para no pasar por tonto.

—Grass nos proporciona otra información esencial para representar el poliedro, la lista de aristas y la lista de caras; para él aristas y caras son entidades dibujables y de las que podemos conocer de las aristas sus vértices extremos y de las caras sus aristas y sus vértices, vea que programa tan interesante para la representación gráfica. Las aristas se indicaran con un índice (el orden en la lista) y de igual modo las caras. Estos índices son naturalmente números enteros. De lo que se trata es de construir todas las relaciones que existen entre los índices de 'A', 'C' y 'V'. Todos los hilos que unen estas entidades. Estos son infinitos. Empezamos por las relaciones de primer orden:

«A de A (se lee: aristas de aristas, o sea, las aristas que concurren en los extremos de una arista dada),

A de C, A de V, C de A, C de C,

C de V, V de A.

V de C,

V de V.»







—Como ve son nueve las posibles relaciones de primer orden entre entidades, esto en un sentido estricto, porque podríamos extender la lista y a veces lo necesitamos, por ejemplo, 'C1' de 'C', que son las caras que rodean a otra y pasan por sus aristas, o 'C2' de 'C' que serían las caras que rodean a otra dada pero sólo tienen en común los vértices de la primera, o 'C1 + C2' de 'C', etc.

A estas alturas sólo el encanto de Cloto evita que mi cara de tonto sea palpable.

—Luego están las relaciones de segundo orden, por ejemplo 'A' de 'A' de 'A', 'A' de 'A' de 'C' (las aristas que concurren en los extremos de las aristas que rodean a una cara), 'A' de 'A' de 'V', etc., etc.

Esos piadosos etceteras dan pie para que el dependiente, cuya sonrisa se había congelado tercie:

—Muy interesante señorita Cloto, pero me temo que debemos continuar la visita, si no llegará la hora del cierre y nuestro invitado se quedará sin ver la casa completa.

Ella no parece darse por enterada y mientras que nos levantamos e iniciamos un amable saludo, sique:

—Nuestro trabajo consiste en construir componentes para Grass que puedan utilizar los programadores de herramientas para la manipulación de poliedros…

Ya nos vamos alejando de ella que está escribiendo as, ces y uves mayúsculas y muchas flechitas por toda la pizarra mientras se le oye hablar en ese lenguaje marciano con otros dos compañeros que se le han acercado. El dependiente recompuesto me dirige hacia otro sector de la inmensa sala y se dirige a una mujer ya madura que escribe frenéticamente en un teclado:

—Disculpe señora Láquesis pero tenemos un visitante que...

(Interrumpiéndole vivamente.)

—Ah sí, encantada, viene en un momento interesante, acabo de terminar una herramienta para manipular poliedros. Fíjese, es un programa para construir poliedros de madera, huecos, como los dibujaba Leonardo de Vinci.

La imagen de la pantalla es similar a un grabado renacentista, sólo que cambia continuamente de forma y textura. El perfil de la mujer con sólida nariz griega, iluminado a contraluz por el resplandor del aparato parece la representación de una matrona del quinientos. Su aire clásico me hace pensar en su curioso nombre.

—Muy bonito, señora medidora del hilo y lo digo por su hermoso nombre.

(Me mira un poco perpleja, pero sigue a lo suyo.)

—Hemos redactado programas para truncar los vértices, biselar o truncar las aristas, casetonear las caras, apuntarlas como estrellas o agujerearlas, etc. Estas herramientas las usan a placer nuestros diseñadores para la producción de modelos y a la vez nos demandan programas para manipulaciones de cualquier tipo, luego están los diseñadores gráficos que necesitan representar las piezas con todo realismo y tenemos que construir programas paramétricos de remates, macollas y mecanismos para los catálogos por ejemplo; todo esto es posible por las potentes bases de datos que los compañeros ponen en nuestras manos, es muy divertido.

Y con esto vuelve a su teclado y nosotros para ella ya no existimos. Discretamente nos vamos alejando mientras me abstraigo mirando las pantallas que están por doquier, llenas de números e imágenes de la lamparería que he visto colgada y reluciente por toda la tienda. Sigo a mi dependiente que parece acelerar el paso y salimos al patio. Otra vez el fulgor del colorido, la cueva de Alí Babá, el palacio de las mil y una noches, una geoda gigante en la que estoy inmerso. Deambulando entre cristales deslumbrantes llegamos a otra puerta, rotulada con la palabra «FABRICACIÓN».

A la brillante luz blanca procedente de multitud de estrellas colgantes la sala parece no tener límites. No obstante el espacio disponible está ocupado en su totalidad por enormes mesas forradas de fieltro, vibrantes máquinas de control numérico rodeadas de ordenadores, cristal por todas partes, recortes metálicos de todos los brillos, plantillas, sopletes, cortadoras, plegadoras, etc. en estantes se alinean marcialmente todo tipo de mecanismos eléctricos, fornituras doradas y plateadas, macollas, cadenas, tubos, qué se yo, el reino de la manualidad, el sancta sanctorum de la creación artística, el corazón, el músculo que sostiene toda la producción, la fábrica de los deleites, el... El dependiente interrumpe mi retahíla con su renovada sonrisa gatuna y se dirige a una





mujer vestida con una bata azul que se inclina sobre la cubierta transparente de una fresadora:

—Buenas noches señora Morta, perdone que la distraiga pero nos visita hoy un distinguido cliente muy interesado en nuestros métodos de producción. La señora Morta es la responsable de la sección de fabricación.

—Tanto gusto. Estoy impresionado por lo que he visto hasta ahora, pero esto excede a todo lo que había imaginado, boquiabierto me quedo ante las maravillas que fabrican, la armonía de colores y, si me permite, de nombres, porque sin duda es usted la cortadora del hilo.

—Sí, el hilo de la geometría, ¿verdad? —me responde con una simpática sonrisa—. Sé como hablan los creativos.

Morta tiene que elevar la voz porque las máquinas hacen un ruido de mil diablos, no obstante, al fondo veo un grupito en sombras que rodea a uno que toca la guitarra, su cante se entreteje débilmente con el chirrido electrónico y las palabras de la cortadora:

—En este momento estoy probando un nuevo cabezal cónico para corte de cristal en esta fresadora. La calibración es esencial. Aquí grabamos el cristal, que luego es partido por las habilidosas manos de nuestros cristaleros. Como comprenderá, la geometría que obtenemos es muy precisa, con lo que el montaje se simplifica enormemente y la terminación de la lámpara es perfecta...

«Me voy a comprar un autobús para sentarme en los asientos de atrás…». (Cantan al fondo.)

Morta se pasea por las mesas y los grupos de trabajo dando indicaciones incomprensibles para mi, mientras que reparte una exultante simpatía con todos; yo la sigo embobado.

Al fondo, con rasgueos rítmicos: «...plafones sin techo, techos sin hormigones...».

—Aquí se enguarnecen los cristales con canutillos de metal. ¿Ve? —me enseña un rombo de rubí rodeado por un perfil dorado diminuto que elige de un gran montón que van acumulando un grupo de operarios afanados en la tarea—. Los canutillos pueden ser de chapa galvanizada, cobre, alpaca, plata y oro, naturalmente en aleaciones bajas y resistentes.

«Cuando el dueño del cortijo nos dijo que nos pagaría…». (Las palabras de Morta me impiden oír el resto de la estrofa.) La luz, los chirridos metálicos, la guitarra, el cante y las risas, el trajinar de sombras, los reflejos y destellos multicolores, la actividad y la charla de Morta me tienen al borde de un colapso por sobre excitación imaginativa. En mi vida había visto un taller así.

—Luego está el montaje —dice, parándose con orgullo ante una pantagruélica mesa alrededor de la cual se están construyendo maravillas poliédricas—, primero se ajustan las caras provisionalmente con puntadas de soldadura, cuando están concertadas se corren todas las juntas con pasta de soldadura a base de sopletes, como ve, al viejo estilo.

El de la guitarra no para y Morta sigue como si no existiera: «...que ya está chunga la fiestecita...».

—El siguiente paso una vez montada la lámpara es la limpieza —estamos ante unos operarios que con pistolas a presión pulverizan agua jabonosa sobre los modelos sumergidos en grandes tinas con agua—, cuidado, no se acerque demasiado, no vaya a mojarse… Más allá está la sección de terminaciones: pintado, tematizado, pulimentado, bruñido, etc.

No sé cuántas mesas hemos recorrido ya, el lugar se me hace interminable, la cabeza empieza a darme vueltas.

—Bueno, finalmente está la elaboración de la lámpara propiamente dicha. La colocación de los mecanismos eléctricos, portalámparas, remates, tijas, macollas, sistemas de cuelgue, etc. En esta cuestión intervienen directamente los creativos en contacto con los montadores y electricistas, con unas exigencias de perfeccionismo tal que a veces tenemos nuestras discusiones; tenga en cuenta que el precio final depende no sólo del número de cristales y de la dificultad mayor o menor del montaje sino muy principalmente de la calidad de los remates y sistemas de iluminación, y en este asunto, como imaginará las posibilidades son infinitas.

Deslumbrado, atónito, pasmado, me tiene la cortadora, ya no sé dónde mirar, a qué atender, mis miradas suplicantes no sirven de nada, ella sigue:

—Más allá tenemos otra sección sumamente importante: el empaquetado y embalaje. Piense en la variedad de modelos, la fragilidad del cristal y la



necesidad de enviar las lámparas a nuestros clientes por el mundo entero. Nunca hemos tenido ningún percance, ninguna reclamación, todos los envíos se han realizado hasta ahora sin problemas, tal es la calidad, ingenio y competencia de nuestros embaladores... —unas campanadas rítmicas se abren paso por el caos acústico del taller.

Toda la actividad, frenética hace un momento, se frena paulatinamente, las sombras vestidas de azul van desapareciendo lentamente. Morta me regala una mirada significativa y la actitud impaciente reprimida con mucha educación del dependiente me lo confirma:

—Es la hora de cerrar, la hora de irse, el momento de la despedida —cogido por sorpresa inicio una tanda de gentilezas, agradecimientos y cortesías.

Antes de poder terminar Morta también desaparece. Las estrellas blancas se apagan una a una, el dependiente en silencio inicia la retirada por el camino de antes y yo le sigo. Los patios que anteriormente resplandecían de luz van ahora oscureciéndose, la sombra avanza con nosotros mientras que con amabilidad pero con determinación el dependiente me guía por el laberinto ahora en penumbra hacia la puerta de salida. El final me ha cogido tan de improviso, mi sensibilidad perceptiva está a tal punto excitada, que ya en el umbral de la puerta antes de pisar la calle, frente a un dependiente solícito pero silencioso, sólo puedo balbucear malamente unas pocas palabras de despedida, eso sí, con el corazón que ya me ha robado esta tienda:

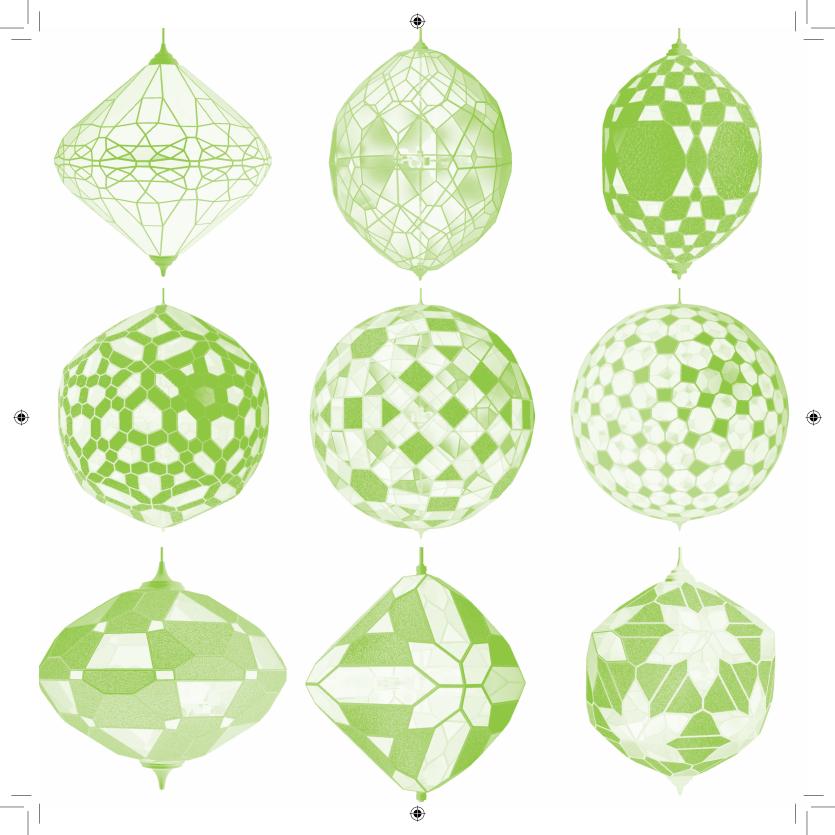
--Gracias, volveré mañana,

Antonio Sáseta es Doctor Arquitecto y profesor del Departamento de Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas de la Universidad de Sevilla. En 1988 registró la patente «El polipiedro. Formulación recursiva de un lugar geométrico». Las imágenes que acompañan el presente artículo son resultado de sus investigaciones en geometría y diseño paramétrico. Están producidas con una "máquina de generar poliedros" programada con Grasshopper por el autor (2012-2013).

fig. 2 Familia de polipiedros generados con *Grasshopper*. Antonio Sáseta, 2013.















# Donde las grandes compañías (aún) no llegan

La transformación de la superestructura, que ocurre mucho más lentamente que la de la infraestructura, ha necesitado más de medio siglo para hacer vigente en todos los campos de la cultura el cambio de las condiciones de producción. [1]

Walter Benjamin

Kindle Grip es un proyecto de diseño y fabricación que intenta acercar las posibilidades de la parametrización e impresión 3D al ámbito doméstico, a objetos que hoy en día ya son cotidianos.

Si bien el proyecto surgió en el marco del Protesifícate Workshop impartido por Ehcofab en Sevilla, varios meses después se reabrió con nuevos planteamientos. Tanto la profundización en el manejo de determinadas herramientas como el estudio de los procedimientos de fabricación digital mediante filamento termoplástico permitieron revisar los procesos de diseño con mayor perspectiva y redefinir la solución. Kindle Grip consiste en un código desarrollado en Grasshopper que facilita la creación y fabricación de piezas diseñadas para hacer más cómoda la interacción con y el uso de libros electrónicos.

<sup>1</sup> La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica. Traducción de Jesús Aguirre. Ed. Taurus, Madrid 1936-1973.





# prototipo

La curva de comercialización de dispositivos que intentan integrarse en nuestro día a día se ha disparado en los últimos años. La conexión de datos ya es un bien demandado y valorado: ya resulta casi imposible recorrer algún espacio de nuestras ciudades sin percibir la presencia y el uso de móviles, tablets, e-readers, etc... Del mismo modo, paralela a esta curva, ha surgido una línea de mercado en continua expansión centrada en complementos para dichos dispositivos. Fundas de colores, texturas y acabados varios, soportes, protectores y gadgets para usos a veces más que sorprendentes son producidos e imitados en masa y se articulan para construir una falsa percepción de personalización que no deja de ser un catálogo de determinadas soluciones estandarizadas. Una nueva necesidad ha sido construida y generada para ampliar el campo de ventas y de potenciales consumidores.

Piensa en esto: cuando te regalan un reloj te regalan un pequeño infierno florido, una cadena de rosas, un calabozo de aire. [...] Te regalan -no lo saben, lo terrible es que no lo saben-, te regalan un nuevo pedazo frágil y precario de ti mismo, algo que es tuyo pero no es tu cuerpo, que hay que atar a tu cuerpo con su correa como un bracito desesperado colgándose de tu muñeca. [...] Te regalan el miedo de perderlo, de que te lo roben, de que se te caiga al suelo y se rompa. Te regalan su marca, y la seguridad de que es una marca mejor que las otras, te regalan la tendencia de comparar tu reloj con los demás relojes. No te regalan un reloj, tú eres el regalado, a ti te ofrecen para el cumpleaños del reloj. [2]

Julio Cortázar

Desembalar un dispositivo es solo el primer paso. Desembalamos un dispositivo digital y necesitamos un periodo para manejarlo con soltura, para encontrarnos cómodos al cogerlo: las manos bajo una atenta mirada tienen que encontrar una postura cómoda y estable, hay que reconocer los botones y su posición, tenemos que identificar los sutiles cambios en las superficies y en los acabados, las distancias y los niveles de presión necesarios, hasta que la vista deja de jugar

2 «Preámbulo a las instrucciones para dar cuerda al reloj». Historias de Cronopios y de Famas (1962). Ed. EDHASA, Barcelona 2010. un papel primordial en la interrelación con este interfaz y podemos centrarnos en otros aspectos o en los contenidos. En ese momento el manejo del dispositivo casi se automatiza, interiorizamos procesos y secuencias de movimientos, podemos encenderlo o apagarlo sin necesidad de buscar los botones, recorremos con los dedos pantallas táctiles a toda velocidad de la misma manera que utilizamos un bolígrafo o lápiz sin tener que decidir cómo lo cogemos. El dispositivo ya es nuestro.

Cada usuario tiende a adaptar un dispositivo conforme al uso que hace de él.

Del producto comercial al producto bajo un uso personal hay un ámbito físico y temporal al que hasta la fecha las empresas no pueden llegar, un área de indeterminación donde solo les queda esperar una buena acogida por parte de los clientes. Los estudios que se realizan durante el desarrollo de un producto suelen identificar los grupos focales (focus groups) sobre los que se incidirá. Los datos que se obtienen y contribuirán al producto final tienen que quedar refrendados por un espectro de usuarios que en la realidad será mucho más heterogéneo y eso puede ser un punto clave para el éxito de un producto.

Con el diseño personalizado de una prótesis, de una pieza que adapte un dispositivo estandarizado a una persona, podemos actuar sobre aspectos del diseño original del objeto dando respuesta a las necesidades de un destinatario en particular que pueden estar o no resueltas en el producto original. Hasta la fecha las grandes empresas, con los medios de producción y materiales actuales, no pueden llegar a ofertar ese nivel de personalización ni flexibilidad en el diseño de sus productos. Por contra en los últimos años estamos asistiendo a la conformación de un apasionante y en constante evolución nuevo ecosistema del diseño y fabricación, mucho más cercano y accesible a los usuarios finales, deslocalizado de los grandes centros de producción y distribuido en comunidades conectadas. Es en esta atmósfera donde surge el proyecto Kindle Grip: acercar las posibilidades de la impresión 3D de bajo coste, que permite un prototipado rápido, a la modificación de objetos cotidianos para mejorar su usabilidad o prestaciones.

### una familia de objetos: 3D scan + Grasshopper + Rhinoceros.

Un punto de partida básico del proyecto era que las aproximaciones a las posibles soluciones no iban girar





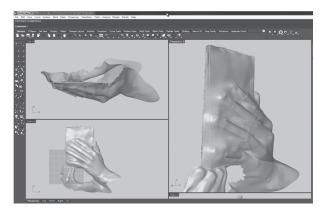
tanto sobre los objetos ya fabricados (impresos en 3D) como sobre el desarrollo de un código (en este caso una definición de *Grasshopper*) que permitiera la generación de una familia de objetos. Conforme a datos físicos de los posibles usuarios del libro electrónico se podrían generar tantas soluciones como individuos. Si todos los esfuerzos hubieran sido concentrados en resolver una pieza impresa ésta respondería a las necesidades de un único sujeto, se adaptaría a sus dedos, a su mano, a su modo de sujetar el libro electrónico, pero la idea era encontrar una solución más abierta: poder generar una pieza adaptada a cada usuario sin tener que repetir de principio a fin, cada vez, el proceso de diseño.

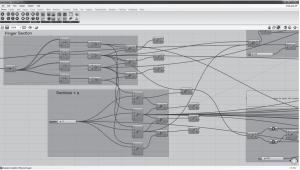
En la actualidad existe freeware que simplifica enormemente la digitalización de objetos sin necesidad de un hardware especializado. Simplemente con una cámara digital, móvil o tablet podemos escanear objetos con cierta resolución y exportar, bien nubes de puntos, bien mallas. Poder basarnos en mallas poligonales 3D generadas a partir de objetos reales nos abre la puerta a trabajar con datos antropométricos y ergonómicos, en este caso, de manos sujetando el e-reader. Con estos datos insertados en un software de 3D como Rhinoceros el desarrollo se centró en clasificar en tres grandes grupos cuáles iban a a ser las variables geométricas de las piezas:

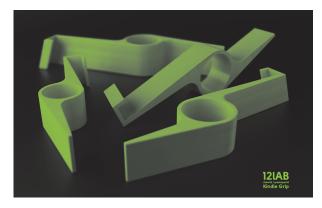
» Variables determinadas por el usuario: tamaño de la mano y diámetro de las falanges de los dedos, postura al coger el dispositivo para determinar los ángulos de las falanges con la base del *e-reader*, dedo en el que querría sujetar la prótesis; » variables de la impresora en 3D: espesores mínimos de la pieza para garantizar resistencia, y » variables del dispositivo: dimensiones, espesor, posición de los botones del dispositivo.

Las relaciones entre estas variables quedan articuladas mediante una definición de *Grasshopper*. Una vez escaneada la mano del usuario con el dispositivo sujeto en una posición cómoda y estable solo queda indicar en qué dedo se desea fijar la prótesis y determinar un espesor mínimo de la pieza (es un valor que viene

Figs. 2, 3 y 4
Piezas impresas en 3D,
captura de pantalla de
proceso de escaneado; captura
de pantalla de la definición
de Kindle Grip en Grasshopper.

















determinado por la resolución de la impresora que estemos utilizando).

Grasshopper genera una solución geométrica que integra estas variables y que puede exportarse a diversos programas de impresión 3D.

El objeto impreso es en sí mismo un producto sencillo:

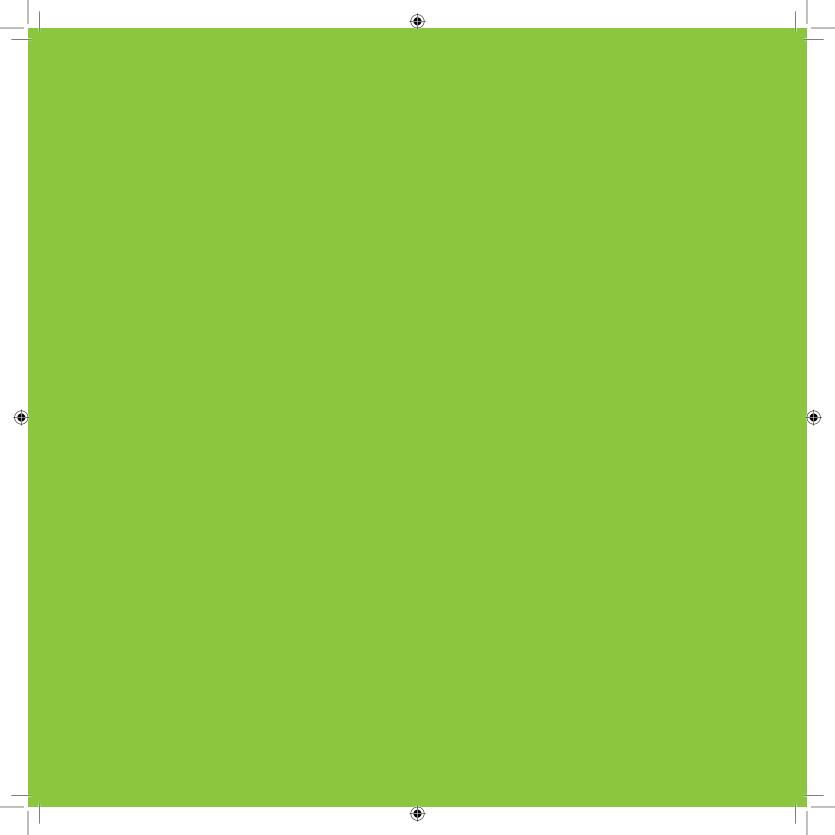
- » Un peso muy reducido, unos 8 ó 10 gramos por lo que no supone una sobrecarga para la mano que sostiene el dispositivo;
- » es muy fácil de imprimir en impresoras de filamento, las más extendidas y accesibles económicamente;
- » el diseño está optimizado para los métodos con los que funcionan este tipo de máquinas: la pieza sale orientada para que el aporte de material no necesite ningún tipo de soporte;
- » está compuesto de una sola pieza, de modo que una vez terminado el proceso de impresión puede comenzar a usarse sin necesidad de montaje, y » la parte de mano que deja de estar en contacto con el *e-reader* es mínima. Se sigue disfrutando de los acabados del dispositivo.

Kindle Grip es una familia de prótesis para poder utilizar un libro electrónico con una sola mano garantizando la estabilidad del dispositivo mientras se lee y en especial mejorar la gestión de las páginas sin necesidad de sujetarlo con ambas manos, apoyándonos en herramientas de diseño paramétrico e impresión 3D de bajo coste.

Nacho Domínguez-Adame Rocandio es arquitecto. Trabaja e investiga sobre arquitectura, redes y ciudad en radarq.net [nachetz.tumblr.com].

figs. 5, 6 y 7
Imágenes de testeo del
prototipo.





Yes, We Are Open!

Teoría y Crítica





Albert Anker, 1888, La Reine Berthe et les filieuses [wikipedia.org].





### Producción digital y economía de talleres

En su libro La convivencialidad, publicado en 1973 [1], Iván Illich distingue las herramientas según su grado de utilidad. Según Illich, la herramienta convivencial es controlada por el hombre y le permite dar forma al mundo de acuerdo a su intención, imaginación y creatividad. Es una herramienta que hace autónomo. A la inversa, las herramientas no conviviales dominan al hombre y las formas que ayudan a producir. Para que un útil sea convivencial, según Illich, éste debe responder a tres exigencias: debe ser generador de eficiencia sin degradar la autonomía personal (1), no debe generar ni esclavos ni amos (2), y debe ampliar el rango de acción personal (3). Clasifica así la bicicleta, el teléfono o el taladro entre las herramientas de convivencialidad [2]. ¿Qué podemos decir hoy acerca de esta reflexión? Debo decir que desde la invasión de nuestra vida cotidiana por parte de las tecnologías computacionales [3], tiendo a desconfiar de las tecnologías que inicialmente se presentan como amables, pero cuyo uso acaba convirtiéndose en esencial para poder salir adelante en el entorno híper-competitivo de nuestras sociedades liberales. Este es el caso tanto de los teléfonos móviles como de las redes sociales. ¿Cómo deberíamos recibir, entonces, las nuevas máquinas y talleres de fabricación digital que son presentadas por sus apologistas como formidables herramientas de convivencialidad (en el sentido de Illich)?

<sup>1</sup> Ivan Illich, La convivialité, Seuil, 2003.

<sup>2</sup> Ver la entrada Outil Convivial en Wikipedia (francés).

**<sup>3</sup>** A propósito de la «invasión» (déferlement) veánse las investigaciones y seminarios de Michel Tibon-Cornillot (EHESS).





Tomemos primero un ejemplo positivo. La *Solar FabLab House* [4], que fue construida en 2011 por el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña [5] en colaboración con el *Center for Bits and Atoms* del Instituto Tecnológico de Massachusetts [6], es quizás la representación más significativa hasta la fecha de la virtuosa conexión entre producción digital y adaptabilidad ambiental.

Más allá de su naturaleza pasiva y de la monitorización que integra los principios del metabolismo doméstico, lo que nos interesa aquí es que esta casa está construida con piezas prefabricadas hechas en una máquina CNC (Computer Numeric Control) de grandes dimensiones, o de otra manera, en el Fab Lab (Fabrication Laboratory) del Instituto de Arquitectura. Estas máquinas interpretan los archivos de fabricación y los traducen a código (G code) que es entendido por las herramientas mecánicas que cortan, fresan, imprimen o dan forma a los materiales transformándolos en piezas funcionales.

El Center for Bits and Atoms y su director, Neil Gershenfeld, se basan en la idea de que el futuro de la fabricación digital es comparable a los cambios que ocurrieron en la transición de los grandes ordenadores a los ordenadores personales, y de las imprentas industriales a las impresoras personales. Una vez que un objeto, incluso uno arquitectónico de gran escala,

fig. 2
Iaac & CBA-MIT, 2011, Fablab
Solar House.
[http://www.iaac.net].

puede ser descrito de manera precisa mediante código para su fabricación digital, las condiciones de su reproducción devienen similares, o al menos comparables, a las de otros bienes digitales tales como el software, las imágenes o la música.

Fundado en 2001, el CBA se embarcó en 2002 en la construcción, en una pequeña aldea de India[7] de un laboratorio dedicado a la fabricación equipado con pequeñas máquinas CNC. En los años siguientes, una heterogénea red de laboratorios creció alrededor del mundo, desplegando singulares estrategias de investigación bottom-up, compartiendo conocimiento, estándares, e incluso dibujos. Muchos de estos primeros Fab Labs estaban situados en ubicaciones periféricas, y se convirtieron en nodos experimentales de desarrollo económico y construcción comunitaria alternativos. El proyecto de Neil Gershenfeld consiste en llevar a cabo la reapropiación de las herramientas de producción, a través de la reducción del tamaño de la maquinaria CNC. En paralelo a esta reapropiación, el concepto de Fab Lab compartido y abierto, deberá crear gradualmente una mejor experiencia y un mejor conocimiento de los procesos técnicos, lo que permitirá el despliegue de un discurso más preciso sobre la posición real de los Fab Labs en relación con la industria. A pesar de esto, aún podríamos criticar la red del MIT por el estilo de predicadores de gospel de sus representantes. Los cadetes del Fab Lab viajan por un mundo en estado de crisis crónica, promoviendo con sus alardes de innovación la naturaleza humanitaria de su red global —de la apertura de un Fab Lab en India o Jalalabad (Afganistán) a la fabricación de prótesis *low-cost*— a la vez que son capaces de explicar la moda Fab Lab, o como cortan un bikini en las cortadoras láser, para a continuación testearlo en la piscina. Al final, estas almas caritativas omiten especificar que el CBA, además, trabaja para la investigación militar estadounidense —DARPA— y los intereses que los Fab Labs representan en remotos teatros de operaciones.





<sup>4</sup> http://www.fablabhouse.com

<sup>5</sup> http://www.iaac.net

<sup>6</sup> http://cba.mit.edu

<sup>7</sup> Nota del ed.: los primeros fab-labs se iniciarion en 2002 en India, Costa Rica, Noruega, EUA (Boston) y Ghana.

### •

### viviendo en la era de las máquinas auto-replicantes

Neil Gershenfeld y sus colegas trabajan en máquinas que podrían un día ser capaces de replicarse a sí mismas. Impresoras 3D como la *RepRap* o la *Makerbot* son ya capaces de replicar una significativa parte de sus propios componentes. Según sus diseñadores, el escenario emergente de máquinas que sean capaces de fabricar otras máquinas [8] abre perspectivas potencialmente revolucionarias a niveles económicos v políticos. El próximo paso de este bien establecido escenario asimoviano es el de las máquinas ensambladoras. Gershenfeld incluso estima que su proyecto está ya en fase preliminar en relación con un nuevo proceso de evolución de las máquinas. Su horizonte, su singularidad. es eliminar la barrera entre el mundo de la física y el mundo de los ordenadores, eliminar la barrera entre bits y átomos, de forma que la computación inteligente pueda ser integrada en el mundo físico mismo. Piensa en máquinas moleculares que, serían capaces de hacer «objetos perfectos de partes imperfectas por medio de fabricación computerizada» y de duplicarse, programarse y reciclarse a sí mismas — máquinas con «los atributos esenciales de los sistemas vivos»[9].

Por estas razones, es bueno que entendamos por qué y cómo algunas personas e iniciativas son reticentes a adherirse completamente a la versión MIT del proceso Fab Lab. Podemos mencionar dos iniciativas, una inglesa, la tienda-taller de diseño de muebles *Unto This Last* [10] en Londres, y una francesa, el taller experimental Magasin Laboratoire — MagLab — en París [11], que se sienten grandemente preocupados por otro guión social que conferiría a las máquinas valores de emancipación en lugar de alienación (para los humanos). Más aún, ambas iniciativas vienen de un movimiento supermínimum [12] — menos masa, más datos —, que tiene por objetivo reducir el consumo de materias primas y que está influenciado por el movimiento Arts & Crafts, un movimiento de finales del siglo XIX para el que la felicidad residía en la artesanía (o el oficio: craft),

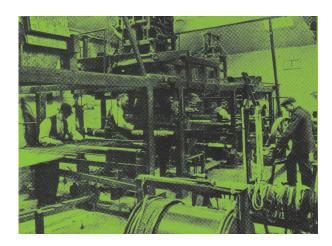


fig. 3
William Morris and Company
weaving at Merton Abbey,
ca. 1880 [wikipedia.org].

según el argumento de que un trabajador puede crecer y estar orgulloso de su trabajo sólo si participa en todas las fases de su implementación y manufactura. Así, la tienda-taller de *Unto This Last* toma su nombre de un libro de John Ruskin publicado en 1862 [13], en el que el defensor de los oficios medievales y góticos, cabeza pensante del movimiento *Arts & Crafts*, plantea una serie de dudas sobre el coste humano de la Revolución Industrial y defiende la vuelta al taller de artesano.

### arts & Crafts

John Ruskin fue popularizado por el socialista William Morris, a quien conoció en los círculos de la Hermandad Pre-rafaelista, un movimiento que defendía una forma artísitica de revival de los primitivos italianos y flamencos anteriores a Rafael. En la Exposición Universal de Londres de 1851, William Morris se sorprendió efectivamente por la fealdad de los objetos presentados: en su opinión, la Revolución Industrial, estandarizando la fabricación de artículos, había



<sup>8</sup> http://mtm.cba.mit.edu/

<sup>9</sup> Jose Perez de Lama, 2010, «WikiPlaza et autres hétérotopies FLOS [Free Libre Open Source]», en: Actes Futur en Seine 2009, ed. Ewen Chardronnet, Cap Digital, 2010.

<sup>10</sup> http://www.untothislast.co.uk/

**<sup>11</sup>** http://www.maglab.fr

<sup>12</sup> http://superminimum.over-blog.com/

<sup>13</sup> John Ruskin, Unto this Last, Penguin, 1986.

antepuesto la noción de beneficio a la estética y la calidad. En 1861, el año en que Ruskin publicó *Unto* this Last, Morris estableció su negocio de artesanía, la futura base del movimiento Arts & Crafts. Morris sería posteriormente conocido como defensor político de la clase trabajadora (1884) [14]:

Pero es un gasto de tiempo el intentar expresar en palabras el desprecio por las producciones del muy alabado abaratamiento de nuestra época. Debe ser suficiente decir que este abaratamiento es necesario para el sistema de explotación sobre el que se basa la moderna manufacturación. En otras palabras, nuestra sociedad incluye una gran masa de esclavos, que tienen que ser alimentados, vestidos, alojados y divertidos como esclavos, y que sus necesidades diarias los obligan a hacer los objetos de esclavos, cuyo uso es la perpetuación de su esclavitud.

Otra importante idea del movimiento Arts & Crafts fue que uno puede hacer un buen trabajo sólo si vive y trabaja en un ambiente saludable y agradable. Muchas comunidades de artesanos utópicos se implicaron en abandonar las ciudades contaminadas de la Revolución Industrial y se asentaron en el campo y llevaron una vida más simple y ética. Este proyecto de vida también se produjo en los EU con nuevos modelos de colonias, como la Ruskin Colony en Tennessee, establecida en 1894 por el periodista socialista Julius Augustus Wayland. Las comunidades cooperativas de estas colonias asentadas en el medio rural, difería del socialismo clásico de las ciudades, intentando poner en práctica una creación efectiva de riqueza y de control colectivo de la tecnología [15].

Los principales líderes del movimiento Arts & Crafts estaban de hecho divididos por la cuestión de si las máquinas debían ser completamente rechazadas o no. Morris no era de los más radicales en este aspecto. Pensaba que la producción mecanizada era en general pobre [16], pero si econtraba industriales que aceptaban sus estándares específicos, entonces usaba de sus servicios. Morris decía que en una sociedad real, en la que no se produjeran objetos de lujo ni objetos baratos de baja calidad, las máquinas podrían ser mejoradas y usadas para reducir el tiempo de trabajo [17]. Otro jugador en el movimiento, Charles Robert Ashbee, inició una Liga de Artesanía (League of Handicraft) de inspiración medieval, siguiendo la utopía contraria a la fabricación industrial, reivindicando: «No rechazamos la máquina, le damos la bienvenida. Pero desearíamos verla dominada» [18].

John Ruskin señalaba que la economía política basada en las teorías del laissez-faire y la competencia (de Thomas Malthus a John Stuart Mill) conduce a pensar que la sociedad en su conjunto se beneficia de la avaricia y el materialismo de los individuos egoístas. Ruskin condenaba la religión del «hombre económico» que, «invariablemente hace aquello por lo que obtiene la mayor cantidad de cosas necesarias, convenientes y lujosas, con la menor cantidad de trabajo y esfuerzo con los que éstas pueden consequirse en un estado dado de los conocimientos» [19]. Para Ruskin, los liberales de su tiempo se olvidaban de la riqueza social que une la comunidad. Ruskin empleaba como contrapunto una gran metáfora de la casa y la familia para demostrar la naturaleza comunitaria y a veces sacrificada de la economía real.

### textiles, economía doméstica y máquinas

Es interesante volver a la historia de la producción textil y su transformación con la Revolución Industrial. En 1801, Joseph Jacquard inventó un telar cuyos ganchos para levantar el hilo de lana estaban guiados por un sistema de tarjetas perforadas. Por el uso de las tarjetas perforadas, este telar es a veces considerado el ancestro del ordenador. El telar Jacquard requería





<sup>14</sup> William Morris, «Useful Work versus Useless Toil», en: Asa Briggs (ed.) William Morris: Selected Writings and Designs, Harmondsworth: Penguin, 1980.

<sup>15</sup> W. Fitzhugh Brundage, A Socialist Utopia in the New South, University of Illinois Press, 1996. Puede verse también: Dolores Hayden, 1981, Seven American Utopias. The Architecture of Communitarian Socialism. 1790-1975, MIT Press, Cambridge.

<sup>16</sup> Nikolaus Pevsner, Pioneers of Modern Design, from William Morris to Walter Gropius, Yale University Press, 2005.

<sup>17</sup> William Morris, ibid. 1980.

<sup>18</sup> Ashbee, C.R., A Few Chapters on Workshop Construction and Citizenship, D.C. Heath, London, 1894.

<sup>19</sup> John Stuart Mill, The Definition of Political Economy; and on the Method of Investigation Proper to It, London and Westminster Review, 1836.



un solo artesano en el trabajo. Hasta entonces se necesitaban dos personas por telar, el tejedor y el tirador que alzaba los hilos con cuerdas (o cordones). El trabajo se llevaba a cabo en la casa del tejedor.

El telar Jacquard fue una de las principales causas de las revueltas de los luditas en Gran Bretaña (1811-1812) y de las revueltas de los canuts en Lyon (1831-1834). Los tejedores rebeldes rompían máquinas, un nuevo fenómeno que hizo historia. Debe entenderse que la economía del textil de su tiempo se originó a partir de la economía doméstica protoindustrial, la economía de cottage, que consistía en una relación comercial entre campesinos y comerciantes que ofrecían trabajo artesanal o textil en períodos de baja actividad agrícola —un trabajo que podía hacerse en casa—. Esta relación estaba conectada a la condición económica creada por el proceso de cercamiento de las fincas agrícolas con setos o muros, un proceso que había permitido pasar de una agricultura que se calificaba de improductiva a una agricultura capitalista más intensiva. La economía doméstica evolucionó entonces hacia una economía de talleres (putting-out system) en el que los artesanoscampesinos recibían la materia prima del comerciante que posteriormente recogía el producto final, un cambio hacia una estrategia de subcontratación favorable para las economías domésticas, hasta entonces limitadas a la actividad estrictamente local. El principio de una globalización capitalista.

El trabajo artesano a tiempo parcial implicaba a toda la familia, dependiendo de las fases de la producción. Este modelo también había tenido la ventaja de promover la familia nuclear cristiana, a la vez que forzaba el encierro de las mujeres, que abandonaron su condición campesina para centrarse en la actividad doméstica, hilando lana y cuidando de los niños-trabajadores. Resulta entonces una curiosidad observar dos tipos de resistencia a la nueva forma de esclavización de los artesanos-campesinos que surgirá de la llegada de las máquinas. Por un lado, los Amish, procedentes del Anabaptismo alsaciano, para quienes el hogar era un lugar de culto, rechazaron la mecanización (considerando la velocidad industrial como perjudicial para la comunidad). Los Amish lucharon por la preservación de su autonomía religiosa (eran perseguidos) y de sus saberes tradicionales. Para ellos el principio del encierro era un principio metafísico. Por otro lado, los *Canut*, cuyos espacios domésticos fueron invadidos por los telares mecánicos. Los telares Jacquard medían hasta doce pies de altura (por esto su



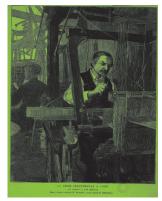


fig. 4
Interior de vivienda
Canut con telar doméstico
de grandes dimensiones
[wikipedia.org].

fig. 5 M. Renouard, ca. 1834, La crisis industrial en Lyon. Un Canuts en su taller, L'Iustration.

concentración en el área de Croix-Rousse, en el entorno de Lyon, donde los edificios lo permitían); pero ahora era sólo el tejedor el que trabajaba en el telar. Otras tareas que solían ser llevadas a cabo por las mujeres o los niños pasaban a estar automatizadas. Esta situación que destruyó el equilibrio familiar de la economía de talleres domésticos estimuló a los Canut a la creación de sociedades de ayuda mutua. Éste fue el principio del mutualismo y la prensa laboral.

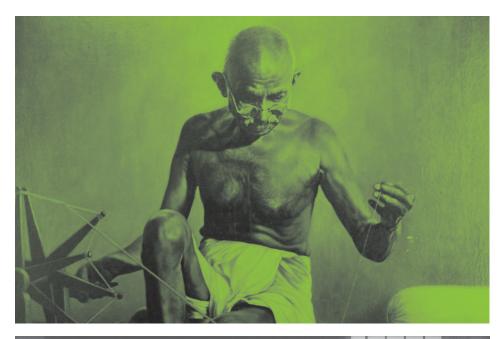
La rebelión de la destrucción de máquinas sólo llegó con la desestabilización de los precios por parte de los comerciantes; la paja que partió la espalda de los Canut.

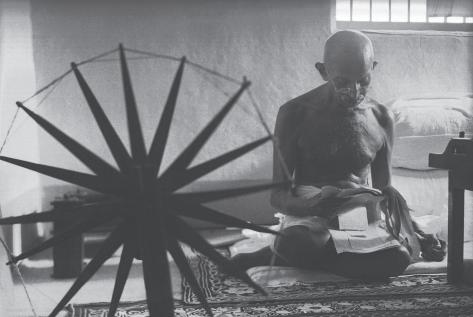


















### figs. 6 y 7 Imágenes de Mahatma Gandhi hilando y tejiendo según su principio de swaraj usando la charkha [wikipedia.org].

### autogobierno

En 1904, Gandhi descubrió el libro Unto this Last de John Ruskin. Tendría una influencia radical en su filosofía. Decidió, no sólo cambiar inmediatamente de vida, de acuerdo con las enseñanzas de Ruskin, sino además adaptar el libro al qujarati (1908), bajo el nombre de Sardovaya («El bienestar de todos»). Éste fue también el nombre que dio a su filosofía. El activismo de Gandhi estaría estrechamente ligado a la historia del textil y a su relación con el colonialismo británico. A su vuelta de África, Gandhi se instaló en Ahmedabad, la capital textil de India. Allí, profundizó en su principio de no violencia uniéndose al movimiento Swadeshi (swa-, «yo» o «propio»; desh-, «país», significando del propio país), nacido en 1905, y a su política de boicoteo a los bienes extranjeros, especialmente a los británicos. Gandhi pidió que el khadi (la ropa hecha en casa) fuera llevado por todos los indios en lugar de las ropas inglesas, y que cada indio, rico o pobre, hombre o mujer, hilara cada día para ayudar al movimiento de independencia. Aplicó este principio a sí mismo durante toda su vida. A partir de los escritos de Ruskin y de su experiencia al lado del movimiento Swadeshi, desarrollo el concepto de swaraj (swa-, «yo» o «propio»; raj-, «norma»), focalizándose en el gobierno descentralizado más que en el gobierno jerárquico — pero en un autogobierno, compuesto en la práctica por individuos reunidos por el establecimiento de una comunidad.

Quizás se pregunte el lector, ¿por qué cuento todo esto? Lo cuento para enfatizar la ausencia y la imposibilidad de una emancipación absoluta por medio del simple acceso a las herramientas. Los Fab Labs no nos permiten hoy superar la formación recibida, lograr la emancipación del maestro, sólo nos permiten una experimentación acompañada de las herramientas y las técnicas. Y es a este respecto, que considero la dialéctica del maestro ignorante de Rancière [20]

que parece seguir el proyecto *Usinette* [21] como una aproximación de gran pertinencia.

El movimiento Arts & Crafts intentó establecer un equilibrio de poder con el capitalismo de su tiempo, mientras que los Fab Labs son modelos del capitalismo por venir: estamos obligados a ver esto como una falsificación de los principios de Ruskin. La artesanía digital no ofrece por sí misma una respuesta al sueño del autogobierno descentralizado, y el evangelismo del Fab Lab MIT en un contexto de globalización neoliberal podría muy bien llevar el desarrollo de los países hacia un tipo de explotación de economía de talleres, hacia una economía proto-neo-industrial.

Este texto fue originalmente publicado en francés en 2011 en la revista Laboratory Planet. La presente versión es una actualización publicada en el e-book Artisans Numeriques (Hyx, 2013); traducción al castellano de José Pérez de Lama.

Ewen Chradronnet es artista, comisario, editor y crítico de cultura digital. Entre otros eventos recientes ha comisariado Futur en Seine 2009, París, y access 2012 Artisans Numeriques, Pau. Es fundador de la Asociación de Astronautas Autónomos y co-editor de la revista Laboratory Planet.



<sup>20</sup> Jacques Rancière, Le maître ignorant: Cinq leçons sur l'émancipation intellectuelle, Fayard, 2004.

**<sup>21</sup>** http://usinette.org/





fig. 1
Emancipatory paradigms in computing and communication,
Pérez de Lama and Fab Lab
Sevilla, 2011.







# Emancipatory Technologies in Computation and Architecture. From PCs to Personal Fabrication

There is an ecology of bad ideas, just as there is an ecology of weeds.

Gregory Bateson. Introductory quote to Félix Guattari's, 1989, The Three Ecologies

So, wherever we turn, there is the same nagging paradox: on the one hand, the continuous development of new techno-scientific means to potentially resolve the dominant ecological issues and reinstate socially useful activities on the surface of the planet, and, on the other hand, the inability of organized social forces and constituted subjective formations to take hold of these resources in order to make them work.

Félix Guattari, 1989

### context and preliminary comments

The field of computational politics and architecture can be addressed in multiple ways. In this text I will address it from the perspective of individual and collective emancipation, empowerment, agency and autonomy. From my point of view this perspective is closely connected to that which has been denominated the "hacker ethic" (Himanen, 2002). The hacker ethic was firstly discussed in relation to software (free open source software), but it has also developed in the fields of free networks and digital infrastructures, and then in the realms of free cultural production—where some authors coined the concept of "reality hackers" --- . More recently hacker principles are being applied in the emerging fields of open hardware and open design. The perspective of the hacker ethic not only addresses the actual free open source objects—v.g. software itself—but rather the ecology of ideas, practices and social relations that make them possible and that are generated by them.





In this text I will also consider an extended idea of architecture. As with hacker culture, I will neither limit the definition of architecture to the enclosed discipline that it has become since the Renaissance, nor to the material objects or environmental-symbolic assemblages that are conventionally described as architecture. I will extend the definition of architecture to the dispositifs or machines of knowledge-power related to the social production of space, as Henri Lefebvre would say—or to the production of existential territories, as Félix Guattari could have said—; including among other aspects the networks and flows of information and communication that today constitute an essential component of our forms of life.

The text proposes the return to the idea of science, technology and knowledge of the Enlightenment. This idea, that understands science and technology as a medium to address social problems and to improve life conditions of the population, has been overshadowed by the contemporary emphasis on technological and cultural industries, in a way that technological research and innovation are firstly driven by profit seeking purposes, and only secondarily by other pursuits. The contemporary situation in which the top 5% of the population owns more than the bottom 95% (Barnes, 2009: 27) shows the inadequacy of the model—from the perspective of any progressive political standpoint; of course not from other perspectives which ought to consider today's status quo as extremely successful—. This situation which is simultaneously enhancing social inequalities and exploitation, multiplying surveillance and control practices, and deeply deteriorating our physicalecological environments can be described, using Gregory Bateson's expression, as an ecology of bad ideas.

Therefore, this text tries to put forward a cartography of contemporary experiments and practices that I consider as steps to an ecology of good ideas. In the background of this piece stands a proposal for the substitution of the dominant neoliberal ethic, by a balanced mix of hacker-and-commons ethic.

The final focus of attention of the text is digital design and fabrication. This realm shall be considered as part of a wider field, including material and energy metabolisms, and social and subjective production. Even if there is attention paid to ecological, social and subjective concerns, the text doesn't address relevant issues such as bodies or care. In other instances, our research team is working with these issues, trying to generate virtuous connections among them.

### emancipatory paradigms in ICT

Even if nowadays academic, media and public attention is focused on digital issues such as mobile devices, the cloud, pervasive computing, dataveillance or financial market bots, all of them driven by corporate machines, there is a strong tradition of bottom-up emancipatory thinking, creativity and practices in computation and communication technologies. True to the facts, many of those originally emancipatory ideas have been captured by the postfordist market forces and lost part of their edge—as with the shift from free software to open source—or have been completely subverted from its original designs. However these promises are still alive to various extents. And as Foucault would say, any state of power/knowledge relationships is a dynamic one; all fields of battle remain inexorably open.

I will highlight four threads that I consider relevant to the object of this discussion; relevant as inspiration for present and future action; and relevant actually for the development of the emergent politics of digital fabrication.

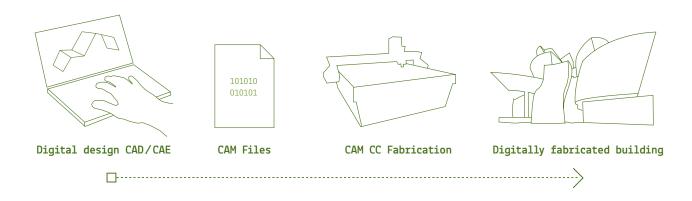
### personal computing

The first thread deals with the invention of the personal computer. This, of course, was a collective development. In order to visualize it I focus on the Northern California Homebrew Computer Club and two of its original members, Lee Felsenstein and Steve Wozniak. Felsenstein's writings of the period are very clear about their pursuits—or at least about his own—. Inspired in Mexican social scientist and educator Ivan Illich, Felsenstein was seeking to socialize the use of computers, making out of them a convivial tool to be used by all the population, and not only, as happened in thozse days with mainframes, by elite scientists and military operations [Levy, 2010: 179-181]. The development of PC clones compatible with Microsoft operating systems —and later with Linux based systems—made possible even within a proprietary environment a real socialization of personal computers, allowing nowadays for a mass intellectuality of computer users, which was hardly imaginable back in the 1940's and 50's at the time of the creation of the first computers.









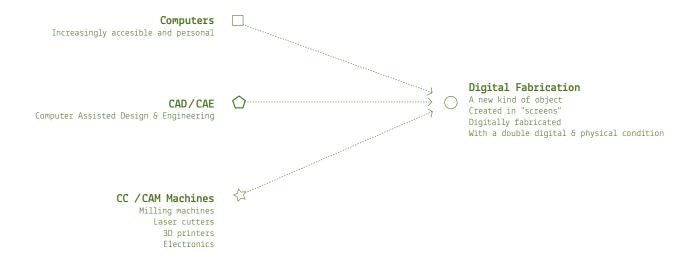


fig. 2
Components of Fab1.0 & Fab2.0:
Free/Open Source Software.
Pérez de Lama, 2011.





### free open source software

In the mid eighties Richard Stallman, a programmer at MIT, invented free software in reaction to the privatization of knowledge tools that had until then developed in free collaborative ways [Stallman, 2004; Kelty, 2008]. Free software is open source software with an ethical dimension. It is characterized by four freedoms, and an additional condition, that are made formal through the so called GPL (General Public License): freedom to run the software (0): freedom to study how the program works, and change it so it does your computing as you wish (1); freedom to redistribute copies so you can help your neighbor (2), and freedom to distribute copies of your modified versions to others (3): the additional condition, not compulsory but recommended by the Free Software Foundation, is that the new copies shall be distributed with a similar kind of license [Free Software Foundation, 2011]. The development in the early 90's of the GNU-Linux operating system, the Apache server software and a whole gamut of free libre open source software (FLOSS) tools has since generated a thriving collaborative economy [Benkler, 2006], and benefited millions of users including states and businesses—mega-giant corporation Google notoriously among these beneficiaries.

The Arduino project [http://arduino.cc], integrated by a microcontroller board and a programming language, is one of the first projects developed as free open source hardware. Followed by many other initiatives, as for example *Ohanda* or the DIY-Drones project, the open hardware movement should be considered as an extension and hybridization of the two previous seams, personal computing and free open source software. Arduino is a particularly successful enterprise. Initiated in 2005 by Massimo Banzi, David Cuartielles and colleagues, it has become the standard platform for prototyping interactive electronic devices in art and education, it has generated a vibrant community of developers and designers that share hardware improvements, code and designs, and eventually it has opened up a relevant economy of hardware producers, education and services [Banzi, 2009; Gibb, 2010; Troxler, 2011].

### internet and the WWW

The third seam refers to the creation of the Internet and the WWW. Again a set of technologies and infrastructures which were initially financed by military budgets in the U.S. [Hafner, 2006] where appropriated for scientific and then social activities. The creation of the World Wide Web protocols by Tim Berners-Lee and collaborators in 1989, piggybacking on the Internet, opened up the Net to intensive social use. Berners-Lee took the decision to license the WWW in the public domain, rather than applying a proprietary license [Berners-Lee, 2000]. In this way he significantly contributed to create a new open public space and a new collaborative production realm of a planetary scale. The Internet and the WWW were then composed with personal computing, and—to a certain extent with free software—to create synergetic relationships between them with the results of radically transforming contemporary forms of life.

### digital fabrication and Fab Labs

Eventually there is the new emerging seam of digital design and fabrication. One of the icons representing it would be Neil Gershenfeld the conceptualizer and initiator of the Fab Lab Network. This approach to digital fabrication proposes the extension of hacker and open source principles to the fabrication of digitally designed material goods, including buildings. The Fab Lab concept addresses on one hand the easy reproducibility and modifiability of digital designs, that come to be considered as source code. On the other hand it seeks to develop a concept of fabrication equipment—the Fab Lab itself—that could make a contribution to autonomy and personal empowerment analogous to that contributed by the personal computer in the realms of computing and communication. An eventual goal being that a Fab Lab—a set of machines and procedures able to make almost anything—could fabricate another Fab Lab, and in this way critically transforming social access to the means of material production; as the computer has already done to the means of immaterial production [Gershenfeld, 2005].

In the next parts of the text I will extend the discussion about Fab Labs, which is again in various ways a continuation and amplification of the three previous seams.

### three ecologies, ecosophic machines

In order to analyze the state of the art of the Fab Lab movement and discuss a strategic map towards its evaluation and development I will present several









conceptual tools. The first one is that of the three ecologies, after the proposal by Félix Guattari [1989]. Guattari proposed that in order to achieve a truly sustainable environment, there should be a triple complementary approach, considering the technicalenvironmental ecology, the social ecology and the mental ecology that we are generating. Guattari coined the term ecosophy to describe the combination of these three ecologies. The concept of mental ecology is indebted to the works of Gregory Bateson, the epistemologist, biologist and cybernetician who worked in California from the 1950's until the end of the 1970's. One of Bateson's main ideas is that of the correspondence between environmental ecologies and ecologies of ideas something that might seem obvious when enunciated, but that planetary modern and postmodern practices tenaciously have avoided to acknowledge—. Conversely, this statement invites us to transform our ecologies of ideas in order to reorient the disastrous becomings of the natural-environmental ecologies.

The idea of using the three ecologies as a design tool, that I have been testing for some years now in my academic and professional work, determines that we consider architectural and technological projects not as rather auto-referential processes leading towards the production of autonomous objects, but as products, and, at the same time, generators of specific social and mental ecologies. In this way, as I advanced at the beginning of the text, architectural interventions, take the role of components of more complex and heterogeneous machines, that involve the organization of production, technological systems, material and energy flows, processes of production of subjectivity and social relations, etc. I believe this was, in certain ways well understood by the early Modern Movement that engaged the transformation of architecture and the city in a multi-level approach—design, symbolic dimensions and technologies were relevant, but so were urban planning, financial and legal procedures, the organization of production and division of labor, etc—. In contemporary Greek language, modernity is precisely denominated biomechania, acutely pointing to the production of a particular form of life associated to modern industrial metropolitan culture. I understand that the emancipating and subjecting dimensions of modernity had a more relevant connection to this complex dimension of urban and architectural practices as machines, and less to the specific stylistic productions.

Nevertheless, again in sync with Guattari, rather than excluding creativity, innovation and subjectivity

from these kind of processes, numerous architects and scholars have been claiming this kind of work as the main object for contemporary artistic and experimental architectural production. A productive practice that would be engaged in the creation of new forms of life in all its complexity. Architects and Guattarian scholars Constantin Petcou and Doina Petresccu, members of Atelier D'Architecture Autogerée, characterize this practice as biopolitical creativity [Petcou and Petrescu, 2007]. This kind of attitude is how I interpret Felsenstein's, Stallman's and Berners-Lee's contribution to technological innovation, and what I think should be applied to the development of digital architecture. My own research group has been using the expression ecosophic machines to describe this kind of extended architectural designs engaging the production of technologically and socially sustainable living spaces with an emancipatory perspective.

### making the commons, organizing self-organization

The development of the Internet has lead to rediscovering the relevance of collective intelligence, mass collaboration and communication in the production of wealth and social life. This has been particularly poignant in the so called web 2.0 economies, where users-producers are the fundamental labor-power generating contents, as can be paradigmatically observed in Google, Flickr or Facebook. Hardt and Negri [2009], among others, observe this centrality of the commons in the whole economic system of the postfordist-networked society, identifying the global metropolis as the privileged locus of the production of the commons, of the encounters that make up the commons, and of the conflicts generated around their control, modulation, enclosures and exploitation.

Contemporary forms of capitalist production and accumulation in fact, despite their continuing drive to privatize resources and wealth, paradoxically make possible and even require expansions of the common. Capital, of course, is not a pure form of command but a social relation, and it depends for its survival and development on productive subjectivities that are internal but antagonistic to it. Through the processes of globalization, capital not only brings together all the earth under its command but also creates, invests, and exploits social life in its entirety, ordering life according to the hierarchies of economic value. In the newly dominant forms of production that involve









information, codes, knowledge, images, and affects, for example, producers increasingly require a high degree of freedom as well as open access to the common, especially in its social forms, such as communication networks, information banks, and cultural circuits [Hardt and Negri, 2009: preface IX].

In the characteristic way of thinking of the so called *Italian Post-operaista School*, Hardt and Negri see a double paradoxical dimension to the centrality of the commons in the postfordist economy. On the one hand, capitalism needs the development of the commons as its main source for the extraction of surplus value; on the other hand, the necessarily autonomous extension of the commons contains the potential to radically transform contemporary power relations.

Therefore, schemes have to be developed that allow for the extension of commons based production in which the profits-rents generated through collective action get distributed within the actual network of producers, rather than being extracted or expropriated by capital. Basic income schemes are one of the most frequently discussed in this context of renewed production relations; but there are multiple other alternatives, already existing or to be experimented [Barnes, 2006; Benkler, 2006; Bauwens, 2009].

### the Promise of digital fabrication

The most radical promise of digital fabrication is that of the socialization of the means for material production, including architecture (knowledge, machines, processes), its decentralization-distribution, and the generation of a commons ecology-economy around it. This would happen through an evolution analogous to those happened in computing and communication since the 1960's. MIT's Neil Gershenfeld calls this prospect the Third Digital Revolution [Gershenfeld, 2005].

However, all this is still a promise. In today's situation the most probable outcome would be something else, akin to exclusive forms of bio-nano-control-capitalism as, for example, that envisioned by Neal Stephenson in his 1995 novel *The Diamond Age*. As Guattari's quote at the beginning of this text suggests, the successive promises brought by techno-scientific developments since the times of the Enlightenment have become into ambivalent achievements. To fulfill what I am calling the promise of digital fabrication will take not only scientific, technical and artistic efforts, but also, most importantly, political efforts in the field described

### fig. 3 Components of Fab1.0 & Fab2.0: Free/Open Source Software, Internet & Digital Fabrication. Pérez de Lama, 2011.

by Foucault as power/knowledge relations. It will take the development of intertwined ecologies of the technical and the environmental, the social and the mental.

In my own understanding, one of the models to be taken into account is that of the free/libre open source software (FLOSS) ecosystem. The analysis of FLOSS ecosystems presented by Christopher Kelty in his book Two Bits [2008] shows the complexity of the task, as well as some guidelines to be considered by those interested in the unfolding of the virtualities here discussed. Indeed Kelty's analysis, presents what could be called a Foucaultian study of the emergence of todays FLOSS ecologies. He considers no inevitability to this emergence, but rather discusses it as the result of very determinate actions and strategies put into play by actual individuals and groups, that go beyond isolated maverick developments of code and bright ideas. The author organizes his discussion in five fields, that are as follows: (constructing a) movement; sharing code; conceiving open systems, writing copyright licenses; coordinating collaboration. As can be observed, non of them is purely a technical field, but all of them have a rather socio-technical, and subjective dimension. It can be observed, as well, that the economic dimension, an essential key to the sustainability of any productive project is still missing in his account.

Accordingly, it has to be inferred that the project of development of a free/libre open surce digital fabrication (FLOS-DF) ecology needs to be strategized in a similar networked multi-plateaux configuration, incorporating additional complexities derived of the material aspects of the new realm—vs. the relatively immateriality of code.

In order to address additional complexities, there is the need to consider at least issues such as workshop spaces and CNC machinery distribution, materials, and energy. It is an extraordinary intellectual endeavor to think how to reproduce the ecology of abundance of code into material environments. However, there are already multiple research lines working in this direction.

Concerning workspaces and machinery, the Fab Lab Network and specifically the *Reprap* concept of *self-replicating machines* extended to the Fab Lab—that







### Internet

Redes de comunicación global



### Fabricación digital

Un nuevo tipo de objetos se crean en "las pantallas" Son fabricados digitalmente Tienen una doble condición digital & material



Producción y creatividad distribuidas

Máquinas CNC personales, software y recursos online, igual que ocurrió con los ordenadores personales

2010 >> Hito: Makerbot Cupcake

### Fabricación personal FabLab Network

2002 >> Red global nodos locales Cada nodo: Conjunto de máquinas y protocolos para hacer casi cualquier cosa.

[máquinas] Cortadora láser Fresadora CNC Cortadora de vinilos Impresora 3D Equipo electrónica

[protocolos]
Fab Charter ::
Casi cualquier cosa
Compartir conocimiento
DIY / DIWO
Abierto a tod@s
Aprender haciendo



### Machines that Make Machines

La idea es que un Fab Lab 2.0 no sólo hace objetos sino que puede hacer también máquinas

Fab 2.0

### Open Source [Free] Hardware

Por analogía con el software libre open source: hardware, placas I/O como Arduino, ordenadores, máquinas CNC... cuyo 'código' está abierto y puede ser modificado y mejorado por la comunidad

RepRap

O.....

Fab 3.0

Adrian Bowyer
John Von Neuman
Máquinas que son capaces de
autorreplicarse.
Adrian Bowyer, ca 2006, las
llama RepRap y hace el primer
prototipo, una impresora 3D,
en 2006.









understands workshops as a self-replicating systems is well on its way [Gershenfeld, 2005]—. Concerning materials, the <code>cradle2cradle</code> (C2C) reconceptualization of material production [McDonough and Braungart, 2006], coupled with the redefinition of objects as <code>spimes</code> proposed by Bruce Sterling [2005], devises a scenario where materials will be largely available in a sustainable way. Thirdly, concerning energy, the so-called <code>energy grids</code>, promoted by Jeremy Rifkin [2008, 2011], that will be soon prototyped at an urban scale by Vicente Guallart in Barcelona [Guallart <code>et al.</code>; 2009, 2011], have the potential to significantly change the situation of intense dependency on oil and large scale centralized production schemes.

Moving forward this agenda throughout the next decades won't be an easy task. But I am sure it will also be a lot of fun. We might then close by now quoting Lee Felsenstein [Levy, 2010: 473]: "I have seen the future and it needs work!".

See you in the future!

### bibliography / references

Bas van ABEL, Lucas EVERS, Roel KLAASEN, Peter TROXLER [editors], 2011, Open Design Now!, How Design Cannot Remain Exclusive, Bis Publishers, Amsterdam.

Michel AVITAL, 2011, "The Generative Bedrock of Open Design", in: Bas van ABEL et ali [editors], 2011, *Open Design Now!*, *How Design Cannot Remain Exclusive*, Bis Publishers, Amsterdam; pp: 48-58.

Massimo BANZI, 2009, *Getting Started with Arduino*, O'Reilly, Sebastobol [California].

Peter BARNES, 2006, Capitalism 3.0. A Guide to Reclaiming the Commons, Berrett-Kohler Publishers, San Francisco.

Gregory BATESON, 2002 [original edition 1979], Mind and Nature. A Necessary Unit, Hampton Press, Creskill, New Jersey.

Gregory BATESON, 2000 [original edition 1972], Steps to an Ecology of Mind, The University of Chicago Press, Chicago & Londres.

Michel BAUWENS, 2009, "Hacia la estación Finlandia, una revisión del siglo XXI", in: *Inclusiva.net # 4: Redes y procesos p2p*, Medialab Prado Madrid; pp: 5-31 [e-book: http://medialab-prado.es/mmedia/5196].

Michel BAUWENS, 2006, "The Political Economy of Peer Production", in: *Post-autistic economics review*, issue no. 37, 28 April 2006, article 3, pp. 33-44, available online: <a href="http://www.paecon.net/PAEReview/issue37/Bauwens37.htm">http://www.paecon.net/PAEReview/issue37/Bauwens37.htm</a> [accessed 15.01.2012].

Yochai BENKLER, 2006, The Wealth of Networks. How Social Production Transforms Markets and Freedoms, Yale University Press, New Haven & Nueva York.

Tim BERNERS-LEE, 2000, Weaving the Web. The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web, Harper Business, Nueva York.

Gilles DELEUZE, Félix GUATTARI, 1999 [original French edition 1991], ¿Qué es la filosofía?, Anagrama, Barcelona.

FREE SOFTWARE FOUNDATION, 2011, http://www.gnu.org/philoso-phy/free-sw.html [a. 12.2011].

Neil GERSHENFELD, 2005, Fab. The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Fabrication, Basic Books, Nueva York.

Alicia GIBB, 2010, New Media, Art, Design and the Arduino Microcontroller: A Malleable Tool, Master of Science Thesis School of Art and Design Pratt Institute, New York: http://aliciagibb.com/wp-content/uploads/2010/02/New-Media-Art-Design-and-the-Arduino-Microcontroller.pdf [a. 15.01.2012].

Vicente GUALLART, Tomás DÍEZ et al., 2011, Barcelona 5.0. Production, talent and networks. Regenerating the Cities of the Future; http://owni.fr/files/2011/09/Tomas.pdf [a. 15.01.2012]

Vicente GUALLART, 2009, "Hyperhábitat. Reprogramando el mundo", in: Vicente Guallart, 2009, *Geologics*, Actar, Barcelona; pp: 520-535.

Félix GUATTARI, 1995 [translation Paul Baines, Julian Pefanis; original French edition 1992], *Chaosmosis. An ethico-aesthetic paradigm*, Indiana University Press, Bloomingdale-Indianapolis.

Félix GUATTARI, 2000 [translation Ian Pindar and Paul Sutton; original French edition 1989], *The Three Ecologies*, The Athlone Press, London.

Katie HAFNER, Matthew LYON, 2006 [original English edition 1996], When Wizards Stay Up Late. The Origins of the Internet, Simon & Schuster, Nueva York.







Michael HARDT, Antonio NEGRI, 2009, Commonwealth, Belknap Harvard, Cambridge.

Pekka HIMANEN [prologue by Linus Torvalds; epilogue by Manuel Castells], 2002 [original English edition 2001], La ética del hacker y el espíritu de la era de la información, Destino, Barcelona.

Christopher M. KELTY, 2008, Two Bits. The Cultural Significance of Free Software, Duke University Press, Durham and London.

Bruno LATOUR, 2007 [original English edition 2005], Reassembling the Social. An Introduction to the Actor-Network Theory, Ofxord University Press, Oxford - New York.

Steven LEVY, 2010 [original edition 1984] , Hackers. Heroes of the Computer Revolution, O'Reilly, Sebastopol

William MCDONOUGH, Michael BRAUNGART, 2002, Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things, North Point Press, Nueva York.

Elinor OSTROM, 2008 [original edition 1990], Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action, Cambridge University Press, Cambridge.

José PÉREZ DE LAMA, 2010, "WikiPlaza and other FLOS [Free Libre Open Source] heterotopias", in: Ewen Chardronnet [editor], 2010, Proceedings of Futur en Seine 2009. The Digital Future of the City. Festival for Digital Life and Creativity, Cap Digital, Paris.

Constantin PETCOU, Doina PETRESCU [atelier d'architecture autogerée], 2007, Acting space. Transversal notes, on-theground observations and questions for us all; available online at: http://htca.us.es/blogs/ [a. 15.01.2012].

Jeremy RIKFIN, 2011, The Third Industrial Revolution. How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy, and The World, Palgrave MacMillan, New York

Jeremy RIFKIN et al., 2008, A Declaration: Revolutionizing Architecture to Address the Global Energy Crisis and Climate Change, Venice Biennale; available online at: http://htca.us.es/blogs/noticias/2009/02/05/manifiesto-de-venecia-2008-arquitectura-crisis-energetica-y-cambio-climatico/ [a. 15.01.2012].

Richard STALLMAN, 2004 [original English edition 2002: Free Software, Free Society], Software libre para una sociedad libre, Traficantes de Sueños, Madrid.

Neal STEPHENSON, 1996 [first edition 1995], The Diamond Age, Penguin, Londres.

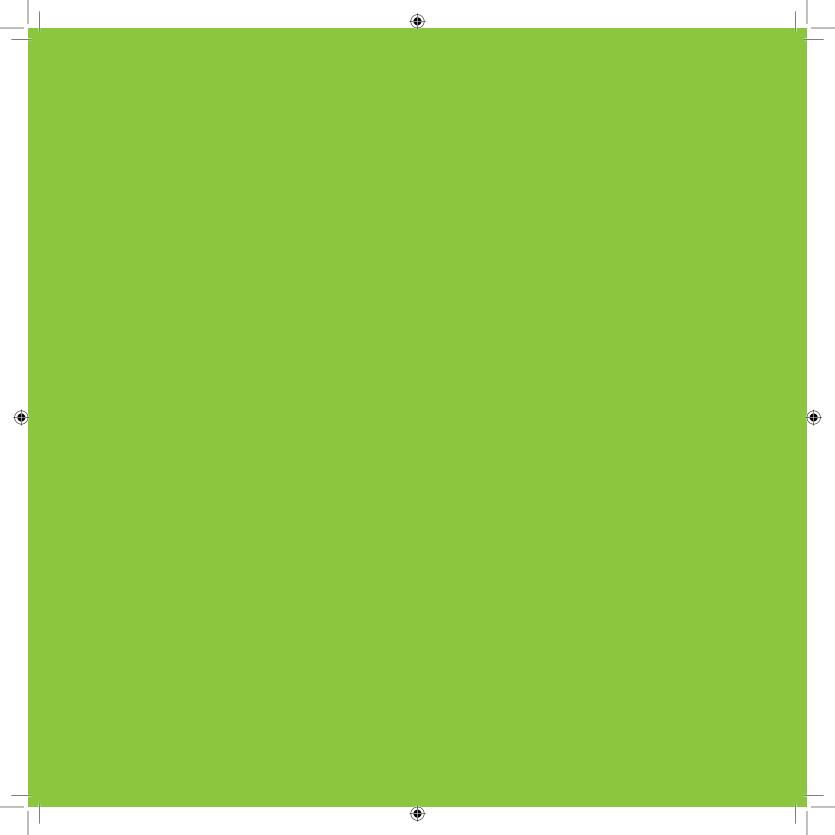
Bruce STERLING, 2005, Shaping Things, MIT Press, Cambridge Peter TROXLER, 2011, "Libraries of the Peer Production" Era, in: Bas van ABEL, et ali [editors], 2011, Open Design Now, How Design Cannot Remain Exclusive, Bis Publishers, Amsterdam; pp: 86-95.

This text was originally prepared for the Symposium Computational Politics and Architecture. From Digital Philsophy to the End of Work, ENSA Paris Malaquais, curated by Philippe Morel et el. 2011.









Yes, We Are Open!

data fab lab

SVQ 2011-2013





### Timeline Fab Lab Sevilla 2011-2013

10.2011

[10.2011] Taller FabLab.10 Introducción a Ecotect. Diseño paramétrico y variables ambientales. Docente: Bernardino Morillo.

[11.2011] Taller Nuevos imaginarios en género y tecnología. Desmontando espacio y prácticas de conocimiento en arquitectura. Docente: Dra. Remedios Zafra.

[11.2011] Taller FabLab.11 Introducción al diseño y la fabricación digital con Rhinoceros y fresadora CNC. Docente: José Buzón.

[11.2011] Ponencia en el simposio internacional *Computational Politics and Architecture*, Ecole Nationale Superieure d'Architecture, Paris Malaquais, dirección: Philippe Morel *et al.* Ponencia «Steps to a commonism of abundance. Digital fabrication, *spimes* and energy grids», J. Pérez de Lama.

[12.2011] Taller FabLab.12 Introducción a Arduino para el prototipado de dispositivos interactivos para arquitectura y arte. Docentes: Misael Rodríguez y Juan Figueroa

[12.2011] Encuentro Internacional Fab Works, Diseño computacional y fabricación digital, con Alex Schaub & Deanna Hearst (Fab Lab Amsterdam), Tomás Díez y Antoni Nicoláu (Fab Lab Barcelona); Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla.

01.2012

[01.2012] Reapertura de las instalaciones del Fab Lab Sevilla tras las obras de ampliación. [01.2012] Colaboración en la producción de la exposición Tecnologías de vivienda en Latinoamérica para Arquitectos Sin Fronteras España. Exposición celebrada en el Ministerio de Fomento, Madrid, y otras localizaciones.

[01.2012] Estancia de prácticas de José A. Zuluaga, Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia, y Fab Lab Colombia.

[02.2012] Producción de prototipo de carrocería escala 1:1 de vehículo eléctrico para la empresa *Movand S.A.*, Dos Hermanas, Sevilla. Presentación del prototipo en el Hipódromo de Dos Hermanas.

[02.2012] Colaboración del Fab Lab Sevilla en el *Máster en Innovación en Arquitectura, Diseño y Tecnologías* (MIATD) edición 2011-2012. Dirección: Dr. Juan Carlos Gómez de Cózar.

[03.2012] Diseño e instalación de *stand* de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura en el Salón del Estudiante 2012 de la Universidad de Sevilla.

[03.2012] Workshop internacional Sevilla-Skopje *Urban Landscape Interventions (II).* Fablabbing the River. E.T.S.A. Universidad de Sevilla y Facultad de Arquitectura SS. Cyril and Methodius University in Skopje. En colaboración con Baum Lab Arquitectura, Sevilla, y Arhitektri, Skopje.

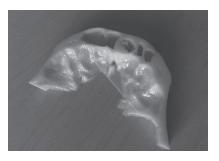
[03.2012] Colaboración con Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad de Sevilla en tratamiento de imágenes digitales e impresión 3D de fragmentos de cráneo procedentes de tomografía. Dirección: Dr. Jesús Ambrosiani. Ejecución: Juan José Olmo Bordallo.

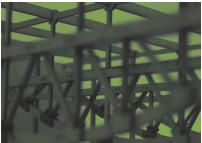
[04.2012] Fabricación de serie de soundballs para ODEUS, Orquesta Digital Experimentade la Universidad de Sevilla. Dirección: Dr. Javier Torres Simón.

[04.2012] Presentación del Fab Lab Sevilla en las *Jornadas de Cultura Libre*, *Universidad Libre* y *Experimental* (ULEX),









Impresión 3D de mandíbula a partir de tomografía para investigación anatómica; Dr. J. Ambrosiani & J.J. Olmo, 2012

Taller Fab Lab 14 Introducción a Cadwork; maqueta estructural del Gimnasio Maravillas de Alejandro de la Sota; diseño digital y corte láser; Jaime Aguilar y colaboradores, 2012

Centro Cultural y de Gestión Ciudadana, *La Casa Invisible*, Málaga.

[05.2012] Estancia en el Fab Lab Sevilla del diseñador e investigador Jens Dyvik como parte de su Fab Lab World Tour.

[05.2012] Taller FabLab.13 Fablabbing the Digital Garden. Docente: Jens Dyvik (Amsterdam, Oslo).

[05.2012] Producción de prototipo de carenado de motocicleta eléctrica para *Movand S.A.*, Dos Hermanas, Sevilla.

[05.2012] Producción de serie de modelos a escala del edificio *Metrosol-Parasol* para su comercialización como producto coleccionable, para la empresa *Lugadero S.C.*, Sevilla.

[05.2012] Fresado de prototipo en *composite* de aluminio para pérgola de la casa *Solar Decathlon - Andalucía Team.*Director: Dr. Javier Terrados.

[05.2012] Producción *Layer Chairs Sevilla*, con estudiantes de la ETSA. Dirección: Jens Dyvik. Exposición monográfica *Parametric Chairs*, *sala Lugadero*, Sevilla.

[06.2012] Taller permanente de diseño y fabricación digital de elementos para movilizaciones en defensa de la universidad pública.

[06.2012] Participación del Fab Lab Sevilla en el festival internacional de Arquitectura, eme3 2012 Bottom Up, Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña, Barcelona. Publicación en el catálogo de la exposición.

[07.2012] Taller *Parametric Camp Sevilla* 2012, Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla. Dirección: José Luis García del Castillo, Harvard University, EU.

[07.2012] Participación del equipo Fab Lab Sevilla en el *Taller de Diseño Paramétrico* para la Fabricación Digital en fabLAB Asturias, *LABoral Centro de Arte y Creación* Industrial, Gijón.

[08.2012] Presentación del Fab Lab Sevilla en *Fab8 International Fab Lab Conference*, Wellington, Nueva Zelanda. Presentación de Jens Dyvik.

[09.2012] Taller FabLab.14 Cadwork. Introducción al diseño y la fabricación digital de estructuras de madera. Docencia: Adrián Eirás (Cadwork Ibérica). Dirección: Antonio Lara Bocanegra.

[09.2012] Estancia en el Fab Lab Sevilla de la investigadora Heloisa Domingues Neves (Sao Paulo, Fab Lab Brasil).

[09.2012] Recepción y puesta en funcionamiento de la nueva impresora 3D Makerbot Replicator 1.

[09.2012] Presentación del proyecto del Fab Lab Sevilla, FabTeletransportation, en la Noche de los Investigadores de Andalucía, Centro de Iniciativas Culturales de la Universidad de Sevilla; VII Programa Marco Unión Europea; con Heloisa Neves y Dr. Antonio Sáseta y estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla.

[10.2012] Diseño y fabricación de expositor para el Museo Andaluz de la Pedagogía, Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla. Dirección: Diego Díaz Patillas, estudiante de la ETSA.

[10.2012] Participación del Fab Lab Sevilla en el festival de cultura electrónica *Familiar Fest*, Sevilla.

[10.2012] Conferencia del Fab Lab Sevilla en el encuentro internacional de cultura digital *access 2012 Artisans Electroniques*, Pau, Francia. Comisario: Ewen Chardronnet. Conferencia a cargo de José Pérez de Lama.

[10.2012] Taller FabLab.15 Diseño paramétrico para fabricación digital. Docencia: José Buzón González.

[10.2012] Conferencia del Fab Lab Sevilla en la *Fab Lab Toulouse Conference 2012*, Toulouse, Francia; a cargo de José Pérez de Lama y Heloisa Neves.

[10.2012] Colaboración del Fab Lab en el curso de libre configuración, anual, de la Universidad de Sevilla, *Diseño arquitectónico de estructuras de madera y fabricación digital*. Dirección: Antonio Lara Bocanegra, Narciso Vázquez Carretero.







[10.2012] Test y prototipado de moldes para joyería con diferentes procedimientos de fabricación digital, Ellen Mekiffer.

[10.2012] Taller FabLab.16 Fundamentos de geometría para el diseño computacional y paramétrico. Docencia: Dr. Antonio Sáseta.

[10.2012] Publicación del artículo Arquitectura Free Libre Open Source. Del DIY al DIWO, de José Pérez de Lama, director del Fab Lab Sevilla, dentro del volumen Arquitectura y Compromiso Social (ed.), 2012, Caja de Herramientas: enredando arquitecturas autónomas, software libre y reutilización, Arquitectura y Compromiso Social-Universidad de Sevilla, Sevilla.

[10.2012] Taller Huerto Digital, CICUS
Centro de Iniciativas Culturales de la Universidad de Sevilla & Andalucía Tech. Docentes:
fabricación, J. Pérez de Lama, J. Buzón, J. C.
Venegas, J. C. Pérez; electrónica, César García, Sara Alvarellos, Juan Manuel Amuedo;
permacultura: Renato Álvarez. Coordinación:
Álvaro Osuna. Dirección: José Pérez de Lama.

[10.2012] Taller FabLab.17 Aplicaciones de Mathematica en la docencia de la Arquitectura". Docente: Dr. Manuel Bendala.

[11.2012] Taller *Fab Lab Kids Sevilla 01*, en colaboración con Colegio Público Joaquín Turina. Coordinación: Heloisa Neves, Juan

Carlos Pérez, José Buzón. Colaboración estudiantes de la ETSA.

[11.2012] Taller FabLab.18 Ecotect, Grasshopper y Geco. Diseño paramétrico con variables ambientales. Docentes: Ángel Linares y Juan Carlos Venegas.

[11.2012] Conferencia Fab Lab Lectures 01, Fab Labs en el mundo, con Fabien Echyenne (París), Heloisa Neves (Sao Paulo), Ping (Nantes, on-line) y José Pérez de Lama (Sevilla). Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla.

[12.2012] Taller FabLab.19 Applications of Arduino to interactive systems design and prototyping; Grasshopper, Firefly and Kinect. Docente: Jens Dyvik (Amsterdam, Oslo).

[12.2012] Taller FabLab.20 Aplicaciones del diseño computacional y paramétrico al proyecto d estructuras para Arquitectura (Grasshopper, Kangaroo).

Docentes: Enrique Soriano, Pepe Tornabell (Coda Office, Barcelona).

[12.2012] Colaboración con WWB Sociedad Cooperativa Andaluza en el desarrollo, fabricación e implementación de sistema de conexión audiovisual en tiempo real entre espacios públicos de Cádiz (España) y Cartagena de Indias (Colombia); Cumbre Iberoamericana Cádiz 2012; Cádiz y Cartagena de Indias. Dirección: Sergio Moreno.

01.2013

[01.2013] Participación del Fab Lab Sevilla en la Fab Academy 2013 (José Buzón, Juan Carlos Pérez, José Pérez de Lama, Juan Carlos Venegas). Enero 2013 a agosto 2013. [http://academy.cba.mit.edu/2013/]

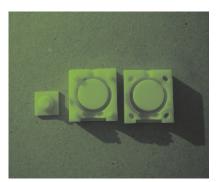
[02.2013] Diseño y fabricación de elementos de mobiliario para la biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla. Coordinación: Juan Cascales Barrio, Blanca González Sáinz.

[02.2013] Colaboración del Fab Lab Sevilla en el *Máster en Innovación en Arquitectura*, *Diseño y Tecnologías* (MIATD) edición 2012-2013. Dirección: Dr. Juan Carlos Gómez de Cózar.

[03.2013] Taller *Fab Lab Kids Sevilla 02*, en colaboración con Asociación Torreblanca. Coordinación: Juan Carlos Pérez, José Buzón y Alejandra Aguilera.

[04.2013] Taller de impresión 3D/DIWO, Semana Cultural de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. En colaboración con Delegación de Estudiantes de la ETSA, Cerojugadores, Common Fab et al.

[04.2013] Conferencia Fab Lab Lectures 03, News on computational design, José Luis García del Castillo, Harvard University, Cambridge, EU.





Molde y contramolde para anillo de plata, diseño digital, impresión 3D y molde de cera; Ellen Mekiffer, 2013

Mueble en la biblioteca de Arquitectura, Universidad de Sevilla; diseño digital y fresado CNC; Juan Cascales, Blanca González Saínz y colaboradores, 2013











MIATD, maqueta puente Amanda Levete, diseño digital, fresadora CNC y posproducción a mano; Sofía García y colaboradores, 2013

Prenda de vestir producida con cortadora láser. Muratori Moda, 2014.

[05.2013] Conferencia Fab Lab Lectures 03, Tensegrities, máquinas de generación de poliedros y otros trabajos terapéuticos en geometría y diseño paramétrico, Dr. A. Sáseta.

[05.2013] Fabricación de impresora 3D *Reprap Prusa iteración* 2; con la colaboración de Aureliano Gómez Píriz.

[06.2013] Reportaje del Fab Lab Sevilla en *Nexus*, revista del Consejo Social de la Universidad de Sevilla.

[06.2013] Participación en la reunión constitutiva de la *Red Ibérica de Fab Labs*; Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña, Barcelona.

[07.2013] Seminario Sinergias en investigación, desarrollo e innovación interdisciplinar en torno a la producción digital; Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y ETSA, Universidad de Sevilla. Docentes: José Pérez de Lama, José Luis García del Castillo, José Buzón; coordinación: Dr. Rafael Corchuelo, Dr. Pablo Fernández Montes y Dra. Rocío García Robles.

[07.2013] Producción de la pieza interactiva El Retablillo de las Maravillas, para la Fab Academy 2013.

[08.2013] Participación y presentación del Fab Lab Sevilla en *Fab9 International Fab Lab Conference*, Yokohama, Japón. [09.2013] Taller FabLab.21 Rhinoceros y Grasshopper para fabricación digital. Docente: José Buzón González.

[09.2013] Curso-taller FabLab.22, Fab Lab (red MIT): Introducción a la fabricación digital; Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. Docentes: José Pérez de Lama, José Buzón; coordinación: Dr. Rafael Corchuelo, Dr. Pablo Fernández Montes y Dra. Rocío García Robles.

[09.2013] Participación y conferencia en el encuentro *Juventud, Tecnologías e Inclusión Social*; Diputación de Málaga, Centro Cultural *La Noria*, Málaga.

[09.2013] Colaboración del Fab Lab Sevilla en la producción del congreso *Transformables 2013, En memoria de Emilio Pérez Piñero.* Dirección: Dr. Félix Escrig Pallarés y Dr. José Sánchez-Sánchez. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla.

[09.2013] Colaboración en la producción de la exposición *Las maquetas como herramienta en el diseño de estructuras desplegables.*In Memoriam Félix Escrig. Dirección y comisariado: Dr. José Sánchez-Sánchez.

[10.2013] Exposición Nueva generación en madera. Sostenibilidad y nuevas tecnologías

en estructuras arquitectónicas. Comisarios: Antonio J. Lara Bocanegra, Narcisco J. Vázquez Carretero, Antonio Roig Vena, Ismael Domínguez Sánchez de la Blanca. Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla.

[10.2013] Conferencia en la II Semana Cultural del Diseño; organización:
Delegación de Estudiantes Escuela
Politécnica Superior; Centro de Iniciativas
Culturales de la Universidad de Sevilla, a
cargo de Juan Carlos Pérez, Juan Carlos
Venegas y José Pérez de Lama.

[11.2013] Colaboración con la empresa *Muratori Moda*, Sevilla (alumni E.T.S.A.), en producción de colección otoño-invierno 2013; pruebas de materiales y corte láser.

[12.2013] Participación en la Semana de la Ciencia de Sevilla, con presentaciones en Colegio Alemán, Colegio Joaquín Turina y talleres con niños en el Fab Lab. Coordinación: Juan Carlos Pérez.

[12.2013] Colaboración en la producción de la exposición *California. Tecnologías y medio ambiente. La vivienda de posguerra en Los Ángeles*; Universidad de Sevilla y Calpoly Pomona, Los Ángeles. Sala de la Consejería de Obras Públicas, Junta de Andalucía, Sevilla. Dirección: Dr. José M. Almodóvar Melendo, Dr. Ismael Domínguez Sánchez de la Blanca.











## Equipo y colaboradores 2012-2013

Fab Lab Sevilla Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla Red MIT Fab Lab Network

Director José Pérez de Lama Halcón, Dr. Arquitecto

Fab Lab Manager /
Técnico Especialista de Laboratorio
Juan Carlos Pérez Juidías

Adjunto a la Dirección (desde 2013) Antonio J. Lara Bocanegra, Arquitecto Doctorando

Co-Director

Hasta 06.2012

Manuel Gutiérrez de Rueda García, Arquitecto Doctorando

Equipo técnico / especialistas colaboradores

José Buzón González

Hasta 2013

Juan Carlos Venegas del Valle, Arquitecto Técnico

Juan José Olmo, Arquitecto Doctorando José M. Sánchez Laulhé, Arquitecto Doctorando

Investigadora visitante 2012 Heloisa D. Neves, Arquitecta Doctoranda, Fab Lab Brasil Estudiantes /

profesionales en prácticas

Jose A. Zuluaga, Fab Lab Colombia, Medellín Jenny Pope, artista plástica (R.U. / Leonardo) Chiara Massetti, Arquitecta (Italia / Leonardo) Kevin O'Brien, Diseñador (R.U. / Leonardo)

Docentes invitados talleres 2011/2013 Jens Dyvik (Fab Lab Network, Oslo) José L. García del Castillo (Harvard University) Adrián Eirás (Cadwork Ibérica) Enrique Soriano (CODA - UPC) Pep Tornabell (CODA - UPC) Antonio Sáseta, Dr. Arquitecto Manuel Bendala, Dr. Matemáticas José Buzón González Ángel Linares García Juan Carlos Venegas, Arquitecto Técnico Misael Rodríguez, especialista electrónica Juan Figueroa, especialista electrónica Bernardino Morillo, Arquitecto Marta Barrera, Arquitecta, Baum Lab Miguel Gentil, Arquitecto, Baum Lab Javier Caro, Arquitecto, Baum Lab

Estudiantes internos Juan Carlos Venegas del Valle (2011/2012) Cynthia Rivas Bajo (2011/2012)

### Asesores

Profesores / investigadores
Dr. Antonio Sáseta, Dr. Jose Sánchez
Sánchez, Dr. Juan Carlos Gómez de Cózar,
Dr. Félix Escrig, Enrique Vázquez Vicente

### Colaboradores

Profesores / investigadores
Dr. Enrique de Justo Moscardó, Juan
Cascales Barrio, Dra. Mar Loren Méndez,
Dr. José M. Almodóvar Melendo, Roberto
Narváez, Antonio Roig, Dr. Ismael
Domínguez, Jaime Aguilar, Pablo Sendra
Fernández, Álvaro Osuna, Dr. Fco. Javier
Torres Simón, Dra. Rocío García Robles,
Dr. Pablo Fernández Montes, Sergio Moreno







Páez, Ángel Linares García, Ignacio Domínguez-Adame, cerojugadores, Belén Barrigón Ferrero, Dr. Jesús Ambrosiani, Dra. Ana Bravo, Igna94Igna, Dra. María del Carmen Romero Ternero, Ellen Mekiffer y Alejandra Aguilera.

### Estudiantes E.T.S.A.

Manuel Benítez, David Blasco, Marta Cruz García, Francisco Díaz Montero (titulado 2013), Diego Díaz Patillas, Carlos J. García Mora, Carlos L. Gómez González, (titulado 2013), Blanca González Sáinz, Carlos León Sánchez (titulado 2013), Camila R. Maggi, Fabiola Muñoz Fustero (titulada 2013), Jose Pérez Fenoy, Yolanda Rendón Guerrero, Jesús Rodríguez y Cristina Sánchez.

### Estudiantes E.T.S.I.I.

Luis González Seco y Javier Pachón Gómez.

Participantes destacados en talleres Daniel Antón Krumrain, Álvaro Borrego Plata, Lourdes Bueno, Pilar Casatejada, Ignacio Chavero García, Cristina Domínguez Caro, José M. Domínguez Cascajosa, Alfonso Gallardo Nieto, Cristina García Hidalgo Troyano, Luis García Rodríguez, Sofía García, Miguel Gimeno, Miguel Gutiérrez Villarubia, Antonio Hernández Camacho, José M. Hernández Segura, Alfredo López Sánchez, Ángel Pontes García, José M. Roquette Ortega, José A. Sánchez Castillo, Estefanía Sánchez Garrido, David Sánchez Martínez y Miguel Villegas.

Colaboraciones con empresas v otras entidades

172

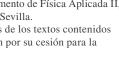
MIT Fab Lab Network, Red Ibérica de Fab Labs (en proceso de constitución), Fab Lab Barcelona, Fab Lab León, Fab Academy, WWB Sociedad Cooperativa Andaluza, Movand S.A., Lugadero S.C., *ehcofab*, Rubiño Arquitectos, CHS Arquitectos, Bakpak Architects, Arquitectos Sin Fronteras - Demarcación Andalucía, Ultralab, Cadwork Ibérica, ParametricCamp, Andalucía Team Solar Decathlon, Muratori Moda, Familiar Fest, Centro Cultural y de Gestión Ciudadana La Invisible (Málaga), Colegio EIP Turina (Sevilla), Colegio Alemán (Sevilla), Ayuntamiento de Coria del Río (Sevilla), Movimiento Pro-cultura Bangalore (Coria del Río) y ADIUS.

Colaboraciones con centros y departamentos de la Universidad de Sevilla ICE Instituto de Ciencias de la Educación (I y II Plan Propio de Docencia Universidad de Sevilla), CICUS Centro de Iniciativas Culturales de la Universidad de Sevilla, FIUS Fundación para la Investigación de la Universidad de Sevilla, OTRI Universidad de Sevilla, Delegación de Estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Escuela Politécnica Superior (Delegación de Estudiantes), Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación; biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura; departamentos de Proyectos Arquitectónicos, Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, Construcciones Arquitectónicas I, Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas; Física Aplicada II, Anatomía y Embriología Humana, Podología; Cursos de posgrado: Máster Internacional Architektur Studium Generale 2012/13, MIATD Máster en Innovación Arquitectura, Tecnología y Diseño 2010/11, 2011/12 y 2012/13.

### Agradecimientos

A Fab Central y Fab Lab Barcelona por el apoyo para la participación del Fab Lab Sevilla en la Fab Academy 2013. A Aureliano Gómez Píriz, Maestro de Taller, Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Sevilla. A los autores/as de los textos contenidos en este volumen por su cesión para la publicación.











### Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Sevilla

Director

Dr. Narciso J. Vázquez Carretero

Secretaria

Cristina Soriano Cuesta

Subdirector/a de Innovación Docente Dra. Ana R. Diánez Martínez

Dr. José Pérez de Lama (hasta 04.2013)

Subdirector/a de Investigación Dra. Paloma Pineda Palomo

Dr. Percy Durand Neyra (hasta 04.2013)

Subdirector de Ordenación Académica

Juan Cascales Barrio

Subdirector de Infraestructuras Dr. José Antonio López Martínez

Subdirector de Actividades Culturales Francisco M. Sánchez Quintana Subdirector de Relaciones Institucionales

Dr. Julián Sobrino Simal

Administrador

José Luis Reyes Ramírez

Secretaría Dirección ETSA María Isabel Sánchez Mata

 $Directora\ Biblioteca$ 

Elvira Ordóñez Cocovi

Administración

Patricia Hidalgo Candáu

Web

Eva Cuesta Atienza

Redes e informática José Antonio Morales Pérez Josefa Paneque Romero Salvador Sánchez Pagán *Vídeo y fotografía* Manuel J. Delgado Muñoz

Conserjería

Reyes Méndez León, Jefa de Equipo

Cristina Arques Espino Antonio Becerra Díaz Milagros Cabrera Tey

Ana Espinosa de los Monteros Chaves

Francisco Guerrero Torres

Jerónimo Hidalgo Martínez, Audiovisuales

Santiago López Núñez





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA** 

Avda. Reina Mercedes, 2 41012 Sevilla fablab@us.es http://fablabsevilla.us.es





