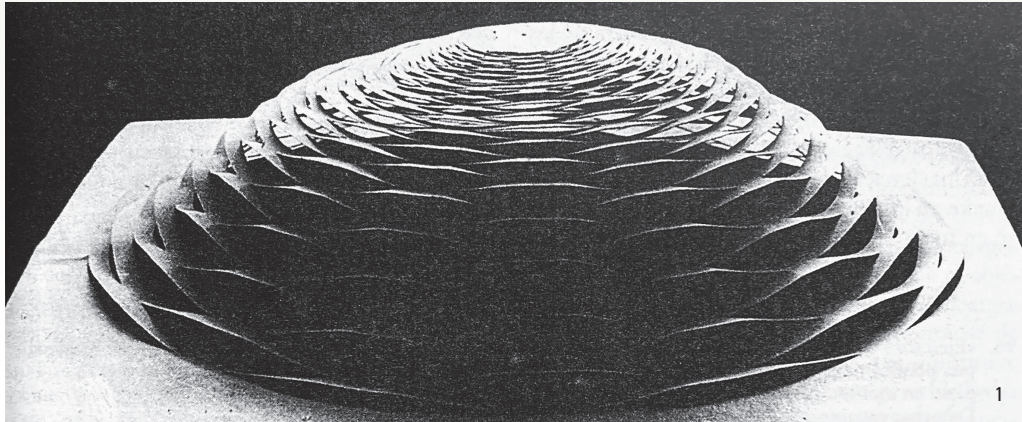


**DE LA BAUHAUS AL FAB LAB.  
LA REVOLUCIÓN DIGITAL DEL APRENDER HACIENDO**

**FROM THE BAUHAUS TO THE FAB LAB.  
THE DIGITAL REVOLUTION OF LEARNING BY DOING**

*Fabricio Santos Arias*

doi: 10.4995/ega.2021.14717



La fabricación digital ha revolucionado el modelo pedagógico de los talleres experimentales vigentes desde la *Bauhaus* derivando en la red mundial de laboratorios conectados *Fab Lab*. La aparición del CAD/CAM, el ordenador personal e internet han influido en la metodología del aprendizaje basado en proyectos implementado en las escuelas de arquitectura. El *movimiento maker* actualiza el concepto de *aprender haciendo*, acercando la invención a la educación y cuestionando la enseñanza reglada de las escuelas técnicas tradicionales por el auge del conocimiento compartido en internet a través de las plataformas digitales de aprendizaje. La formación a la carta en línea y la

producción personal deslocalizada son la base de la educación en los tiempos de la cuarta revolución industrial que fomenta las sinergias entre disciplinas, antes herméticas, y se dirige hacia una fabricación inteligente y más sostenible.

**PALABRAS CLAVE: FABRICACIÓN DIGITAL, MOVIMIENTO MAKER, BAUHAUS, FAB LAB**

*Digital fabrication has revolutionized the pedagogical model of the experimental workshops that have been in force since the Bauhaus, leading to the worldwide network of Fab Lab connected laboratories. The emergence of CAD/CAM, the personal computer and the internet have influenced the methodology of*

*project-based learning implemented in architecture schools. The maker movement updates the concept of learning by doing, bringing invention closer to education and questioning the regulated teaching of traditional technical schools due to the rise of knowledge shared on the internet through digital learning platforms. Online on-demand training and offshoring personal production are the foundation of education in the times of the fourth industrial revolution that fosters synergies between previously hermetic disciplines and is moving towards a more sustainable intelligent manufacturing.*

**KEYWORDS: DIGITAL FABRICATION, MAKER MOVEMENT, BAUHAUS, FAB LAB**



1. Josef Albers, construcción en cúpula, 1928. Estudio del material en el curso preliminar: papel cortado parcialmente en semicírculos y empujado hacia fuera (portada)

1. Josef Albers, dome construction, 1928. Study of the material in the preliminary course: paper partially cut into semicircles and pushed out (cover)

## Del Arts & Crafts al Movimiento Maker

La Bauhaus surgió en un contexto de reforma educativa para responder a las necesidades laborales de las fábricas, en un período entre dos guerras mundiales, que debió superar la escasez de recursos económicos, la fuerte oposición del estado y las críticas de la población, que la consideraba una escuela bolchevique y de dudosa moral, que forzó su cierre y el exilio de sus profesores. En su manifiesto fundacional (Fig. 2), se expresaba su voluntad unificadora de las antiguas academias de arte y las escuelas de oficios con la industria moderna.

En tan sólo catorce años de existencia, la Bauhaus había comenzado una transformación en el diseño, convirtiéndose en un lugar de reflexión y transmisión de conocimientos técnicos, artesanales y artísticos. Un espacio de ebullición creativa con nuevos impulsos de esperanza, juventud y utopía. Una idea con la suficiente fuerza como para extenderse hasta nuestros días, impregnando los programas académicos de escuelas de todo el mundo como la *New Bauhaus* de Chicago (1937-49) dirigida por Moholy-Nagy, el *Black Mountain Collage* en Carolina del Norte (1933-56) fundado por Rice o la *Hochschule für Gestaltung* de Ulm (1953-68) con Max Bill como rector. Toda ellas reproducían la pedagogía Bauhaus adaptándose a un mundo cada vez más digital (Fraile, 2019).

Estas escuelas de diseño serían relevadas paulatinamente por iniciativas de experimentación surgidas en el seno de las universidades a la vanguardia del conocimiento tecnológico como el *Harvard Lab CGSA* (1965) de Teicholz y Dan-

germond, el MIT Arch Mac (1967) de Negroponte, Groisser y Weisner, el SCI-Arc (1972) de Kappe, el MIT MediaLab (1985) de Negroponte, el AA-DRL de Steele & Schumacher (1997), el IAAC (2001) de Guallart, el ITA-ETH (2006) de Gramazio y Kohler o el ICD/ITKE (2009) de Menges y Knippers.

Esta transición desde el modelo de las escuelas de artes y técnicas hasta los grupos de investigación universitarios está acompañada por tres avances tecnológicos, que todavía hoy seguimos optimizando: el primero, es la producción mediante técnicas CAD/CAM (*Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*) concebido por Hanratty en 1957; el segundo, fue la aparición del ordenador personal entre 1970 y 1980; y el tercero, fue la conectividad global *World Wide Web* (www) de internet apadrinada por Berners-Lee y Cailliau en 1991.

Dentro del MIT MediaLab se encuentra el *Center for Bits and Atoms* (CBA) cuyo director, Neil Gershenfeld, acuñó el concepto de *personal fabrication* que sería el germen de la red *Fab Lab* (*Fabrication Laboratory*). En 2001 Gershenfeld impartía una asignatura modestamente titulada “How To Make (almost) Anything”, pero con una gran acogida por alumnos procedentes de diversas titulaciones del campus, por lo que en 2009 derivó en el diploma *Fab Academy*. Proliferando así, la aparición exponencial de Fab Labs por todo el mundo e instalándose, sobre todo, en las escuelas de arquitectura que transformarían sus talleres de maquetas en laboratorios de fabricación digital, equipándose según un inventario común de máquinas compartido por toda la red, que les permite producir el mismo diseño

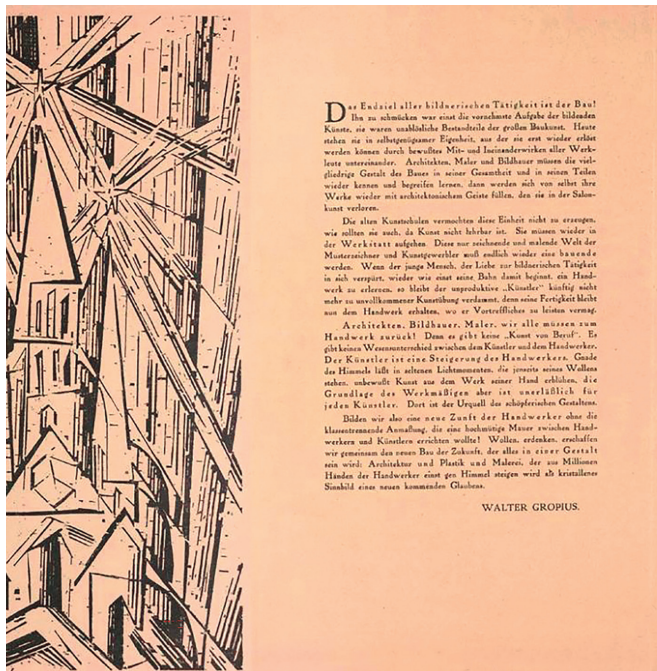
## From Arts & Crafts to The Maker Movement

The Bauhaus arose in a context of educational reform to respond to the labor needs of factories, in a period between two world wars, which had to overcome the scarcity of economic resources, strong opposition from the state and criticism from the population, which considered a Bolshevik school and of dubious morals, which forced its closure and the exile of its teachers. In his founding manifesto (Fig. 2), he expressed his unifying will of the ancient art academies and craft schools with modern industry.

In just fourteen years of existence, the Bauhaus had begun a transformation in design, becoming a place for reflection and transmission of technical, artisanal and artistic knowledge. A space of creative boiling with new impulses of hope, youth and utopia. An idea strong enough to continue to this day, permeating the academic programs of schools around the world such as the New Bauhaus in Chicago (1937-49) directed by Moholy-Nagy, the Black Mountain College in North Carolina (1933-56) founded by Rice or the Hochschule für Gestaltung de Ulm (1953-68) with Max Bill as rector. All of them reproduced the Bauhaus pedagogy, adapting to an increasingly digital world (Fraile, 2019).

These design schools would be gradually relieved by experimentation initiatives that emerged within the universities at the forefront of technological knowledge such as the Harvard Lab CGSA (1965) by Teicholz and Dangermond, the MIT Arch Mac (1967) by Negroponte, Groisser and Weisner, Kappe's SCI-Arc (1972), Negroponte's MIT MediaLab (1985), Steele & Schumacher's AA-DRL (1997), Guallart's IAAC (2001), Gramazio & Kohler's ITA-ETH (2006) or the ICD / ITKE (2009) by Menges and Knippers.

This transition from the model of arts and technical schools to university research groups is accompanied by three technological advances, which we are still optimizing today: the first is production using CAD/CAM techniques (*Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*) conceived by Hanratty in 1957; the second was the appearance of the personal computer between 1970 and 1980; and the third was the global connectivity *World Wide Web*



Die Endziel aller bildnerischen Tätigkeit ist der Bau! Ihn zu schmieken war einst die verachtete Aufgabe der bildenden Künste, sie waren unvollständige Bauteile der großen Baukunst. Heute stehen sie in selbstiger Eigenheit, aus der sie erst wieder erlöst werden können durch bewußtes Mit- und Ineinanderwirken aller Werkzeuge untereinander. Architekt, Maler und Bildhauer müssen die vollständige Gestalt des Baues in seiner Gesamtheit und in seinen Teilen wieder kennen und begreifen lernen, dann werden sich von selbst ihre Werke wieder mit architektonischem Geiste füllen, den sie in der Baukunst verlieren.

Die alten Kunstschulen vermochten diese Einheit nicht zu erzeugen, wie selten sie auch die Kunst nicht höher ist. Sie müssen wieder in der Werkstatt aufgehen. Diese nur schwebende und schwebende Welt der Maschinen und Kunstgewerke muß endlich wieder eine handende werden. Wenn der junge Mensch, der Liebe zur bildnerischen Tätigkeit in sich verspürt, wieder wie einst seine Bahn damit beginnt, ein Handwerk zu erlernen, so laßt der unproduktive „Künstler“ künftig nicht mehr zu unvollkommener Kunstfertigkeit verfallen, denn seine Fertigkeit bleibt aus dem Handwerk erhalten, wo er Vortreffliches zu leisten vermag.

Architekten, Bildhauer, Maler, wir alle müssen zum Handwerk zurück! Denn es gibt keine Kunst von Beruf. Es gibt keinen Wesensunterschied zwischen dem Künstler und dem Handwerker. Der Künstler ist eine Steigerung des Handwerkers. Gerade der Handwerker läßt in seinem Leben diejenige, die jenseits seines Willens stehen, unbewußt Kunst aus dem Werk seiner Hand entstehen, die Grundlage des Werkmäßigen aber ist unerlöblich für jeden Künstler. Dort ist der Ursprung des schöpferischen Gestaltens.

Bilden wir also eine neue Zeit der Handwerker ohne die Unvollständige Ausübung, die eine lockende Muse zwischen Handwerker und Künstler errichten wollte! Willen, erdenken, erschaffen wir gemeinsam den neuen Bau der Zukunft, der alle in einer Gestalt mit sich: Architekt und Planch und Maler, der ein Millionen Handes der Handwerker einst gen Himmel steigen wird als kritischen Sinnbild einer neuen kommenden Glaube.

WALTER GROPIUS.

(www) of the Internet sponsored by Berners-Lee and Cailliau in 1991.

Within the MIT MediaLab is the Center for Bits and Atoms (CBA) whose director, Neil Gershenfeld, coined the concept of *personal fabrication* that would be the germ of the *Fab Lab* (Fabrication Laboratory) network. In 2001 Gershenfeld taught a subject modestly titled “How To Make (almost) Anything”, but with a great reception by students from various degrees on campus, which in 2009 led to the *Fab Academy* diploma. Thus proliferating the exponential appearance of Fab Labs around the world and settling, above all, in architecture schools that would transform their model workshops into digital fabrication laboratories, equipping themselves according to a common inventory of machines shared by the entire network, which allows them to produce the same design from a digital file in any laboratory and abiding by the ideology of the Fab Charter (Fig. 3).

In parallel to the academic world, the Internet fostered the democratization of information, the expansion of *Do It Yourself* (DIY) and *Open Source*, promoting distributed education and remote collaborative work. Since 1977 Dale Douguerthy published self-manufacturing manuals that led him to create *Make*: magazine in 2006, becoming the origin of the *Maker Movement*, spread worldwide from the USA through the *Maker Faire* held in various cities around the world.

The *MakerSpaces* were born as centers of innovation, exempt from a conventional academic matrix, incorporating digital technology as a flexible instrument for the

desde un archivo digital en cualquier laboratorio y rigiéndose por el ideario del *Fab Charter* (Fig. 3).

En paralelo al mundo académico, internet propiciaba la democratización de la información, la expansión del *Do It Yourself* (DIY) y el *Open Source*, fomentando la educación distribuida y el trabajo colaborativo remoto. Desde 1977 Dale Douguerthy publicaba manuales de autofabricación que le llevaron a crear la revista *Make*: en 2006, convirtiéndose en el origen del *Movimiento Maker*, extendido mundialmente desde USA a través de las *Maker Faire* celebradas en diversas ciudades del planeta.

Los *MakerSpaces* nacieron como centros de innovación, exentos de una matriz académica convencional, incorporando la tecnología digital como un instrumento flexible para la adquisición de conocimiento, a través de procesos creativos, abiertos, colaborativos e interdisciplinarios. Estos espacios siguen el *Maker Movement Manifesto* (Hatch, 2014) (Fig. 4) y, aunque ofrecen diversas herramientas y máquinas, no disponen de un inventario estándar como los Fab Labs. Los *HackerSpaces* también se dedican a la experimen-

## The Fab Charter

**Mission:** fab labs are a global network of local labs, enabling invention by providing access for individuals to tools for digital fabrication.

**Access:** you can use the fab lab to make almost anything (that doesn't hurt anyone); you must learn to do it yourself, and you must share use of the lab with other users and users

**Education:** training in the fab lab is based on doing projects and learning from peers; you're expected to contribute to documentation and instruction

**Responsibility:** you're responsible for:  
**safety:** knowing how to work without hurting people or machines  
**cleaning up:** leaving the lab cleaner than you found it  
**operations:** assisting with maintaining, repairing, and reporting on tools, supplies, and incidents

**Secrecy:** designs and processes developed in fab labs must remain available for individual use although intellectual property can be protected however you choose

**Business:** commercial activities can be incubated in fab labs but they must not conflict with open access, they should grow beyond rather than within the lab, and they are expected to benefit the inventors, labs, and networks that contribute to their success.

draft: August 30, 2007

## Maker Movement Manifesto

**MAKE**  
 Making is fundamental to what it means to be human. We must make, create, and express ourselves to feel whole. There is something unique about making physical things. These things are like little pieces of us and seem to embody portions of our souls.

**SHARE**  
 Sharing what you have made and what you know about making with others is the method by which a maker's feeling of wholeness is achieved. You cannot make and not share.

**GIVE**  
 There are few things more selfish and satisfying than giving away something you have made. The act of making puts a small piece of you in the object. Giving that to someone else is like giving someone a small piece of yourself. Such things are often the most cherished items we possess.

**LEARN**  
 You must learn to make. You must always seek to learn more about your making. You may become a journeyman or master craftsman, but you will still learn, want to learn, and push yourself to learn new techniques, materials, and processes. Building a lifelong learning path ensures a rich and rewarding making life and, importantly, enables one to share.

**TOOL UP**  
 You must have access to the right tools for the project at hand. Invest in and develop local access to the tools you need to do the making you want to do. The tools of making have never been cheaper, easier to use, or more powerful.

**PLAY**  
 Be playful with what you are making, and you will be surprised, excited, and proud of what you discover.

**PARTICIPATE**  
 Join the Maker Movement and reach out to those around you who are discovering the joy of making. Hold seminars, parties, events, maker days, fairs, expos, classes, and dinners with and for the other makers in your community.

**SUPPORT**  
 This is a movement, and it requires emotional, intellectual, financial, political, and institutional support. The best hope for improving the world is us, and we are responsible for making a better future.

**CHANGE**  
 Embrace the change that will naturally occur as you go through your maker journey. Since making is fundamental to what it means to be human, you will become a more complete version of you as you make.

*In the spirit of making, I strongly suggest that you take this manifesto, make changes to it, and make it your own. That is the point of making.*

tación, pero se interesan más por el software y las cuestiones políticas de la tecnología. Los *TechShops*, cuyo CEO fue Mark Hatch, ponen a disposición de los usuarios maquinaria industrial, accediendo mediante un contrato de membresía al uso del taller para desarrollar proyectos personales, fomentando la cultura del “Hazlo Tu Mismo”.

## Del Learning by doing al How to make (Almost) Anything

Gropius abogaba por “la educación del hombre total”, que ya promovía Georg Kerschensteiner en la formación profesional alemana en la primera mitad del siglo XX cuya influencia provenía del pragmatismo americano de John Dewey, que se resumía en la fórmula “*learning by doing*” (1897), y que el propio Johannes Itten asumiría en el programa pedagógico del *Vorkurs* o *Curso Preliminar* de la Bauhaus en 1919. El Fab Lab es heredero de esta metodología del “learning by making” y el Fab Academy abandera el eslogan “*from zero to hero*” cuya intención es capacitar a cualquier estudiante en técnicas de prototipado rápido,



- 2. Walter Gropius, Manifiesto fundacional de la Bauhaus estatal en Weimar, 1919
- 3. Neil Gershenfeld, Fab Charter, 2007
- 4. Mark Hatch, Maker Movement Manifiesto, 2014
- 5. Satzungen Staatliches Bauhaus in Weimar, 1923

- 2. Walter Gropius, founding manifesto of the state Bauhaus in Weimar, 1919
- 3. Neil Gershenfeld, Fab Charter, 2007
- 4. Mark Hatch, Maker Movement Manifiesto, 2014
- 5. Statutes of the State Bauhaus in Weimar, 1923

independientemente de su formación previa, algo ambicioso para un programa académico de seis meses.

Josef Albers sostenía que se debe “aprender y no enseñar” y que “probar es mejor que estudiar”, apoyando que se aprende más del fallo que del acierto, como condición previa al proceso creativo de “aprender descubriendo”, derivado del instrumentalismo. Los Fab Labs también se basan en el método del “debugging” que emana del construccionismo de Papert (1968), defendiendo la depuración del error en el proceso creativo.

### El programa académico: del Vorkurs al Fab Academy

Según el catedrático de pedagogía del arte Rainer Wick (1982), el curso preliminar era la columna vertebral de la pedagogía de la Bauhaus. Itten, en su teoría de la creación y de las formas “*Mein Vorkurs am Bauhaus*”, escribió en 1963 que su objetivo era “acoger de forma provisional por un semestre a todos los alumnos que mostraban un interés artístico” y servía para ser admitidos posteriormente en un taller de aprendizaje concreto. El curso preliminar debería cumplir 3 funciones: “1. Liberar las fuerzas creadoras...; 2. Facilitar la elección de una profesión...; 3. ...facilitar las leyes fundamentales de la creación plástica...de la forma y del color...”.

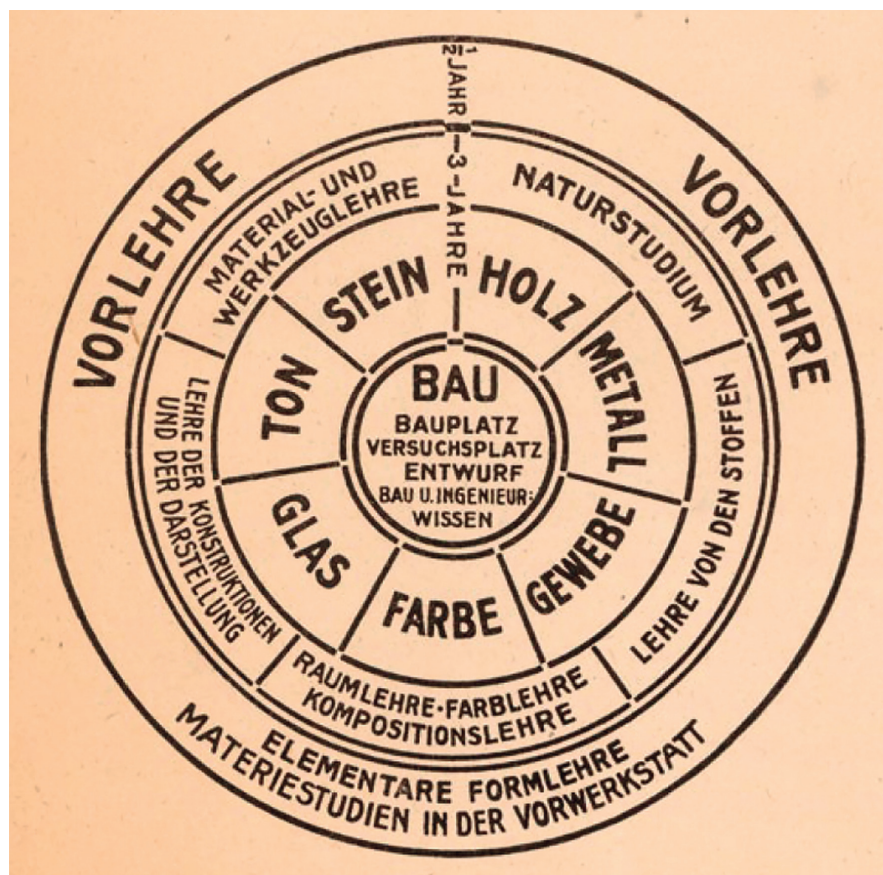
acquisition of knowledge, through creative, open, collaborative and interdisciplinary processes. These spaces follow the *Maker Movement Manifesto* (Hatch, 2014) (Fig. 4) and, although they offer various tools and machines, they do not have a standard inventory like the Fab Labs. *HackerSpaces* are also dedicated to experimentation, but are more interested over software and technology politics. The *TechShops*, whose CEO was Mark Hatch, offer users industrial machinery, accessing through a membership contract to use the workshop to develop personal projects, promoting the “Do It Yourself” culture.

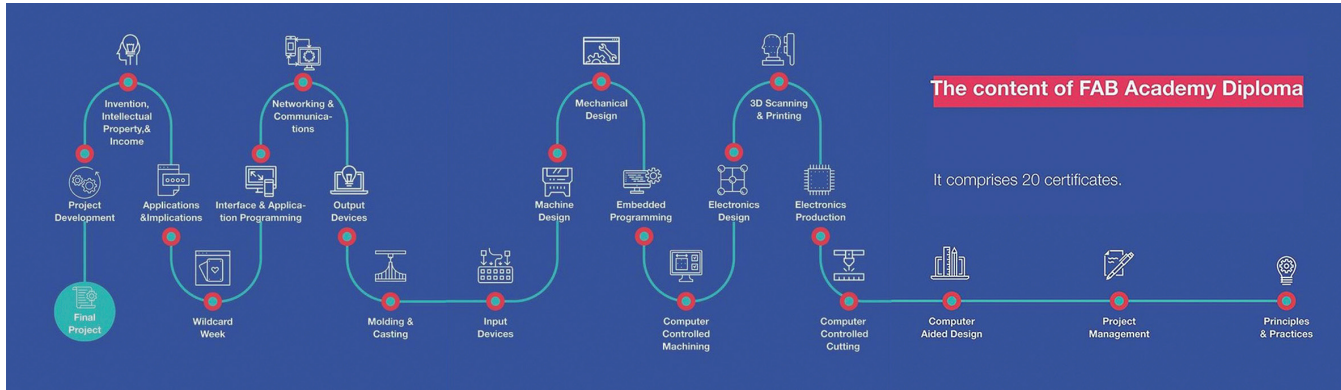
### From Learning by doing to How to make (Almost) Anything

Gropius advocated “the education of the whole man”, which Georg Kerschensteiner was already promoting in German vocational training in the first half of the 20th century, whose influence came from the American pragmatism of John Dewey, which was summarized in the formula “learning by doing” (1897), and that Johannes Itten himself would take over in the pedagogical program of the *Vorkurs* or *Preliminary Course* of the Bauhaus in 1919. The Fab Lab is heir to this methodology of ‘learning by making’ and the *Fab Academy* champions the slogan ‘from zero to hero’ “whose intention is to train any student in rapid prototyping techniques, regardless of their previous training, something ambitious for a six-month academic program. Josef Albers argued that one should “learn and not teach” and that “trying is better than studying”, supporting that one learns more from failure than from success, as a precondition to the creative process of “learning by discovering”, derived from instrumentalism. The Fab Labs are also based on the “debugging” method that emanates from Papert’s constructionism (1968), defending the debugging of errors in the creative process.

### The academic program: from the Vorkurs to the Fab Academy

According to professor of art pedagogy Rainer Wick (1982), the *Preliminary Course* was the backbone of Bauhaus pedagogy. Itten, in his theory of creation and forms ‘*Mein Vorkurs am Bauhaus*’, wrote in 1963 that his





6

objective was ‘to receive on a provisional basis for a semester all the students who showed an artistic interest’ and it served to be subsequently admitted to a specific learning workshop. The *Preliminary Course* should fulfill 3 functions: ‘1. Release the creative forces...; 2. Facilitate the choice of a profession...; 3... facilitate the fundamental laws of plastic creation... of shape and color...’.

Of obligatory character, in the *Vorkurs*, included within the *Staatliches Bauhaus* statutes (Fig. 5), the students learned about the materials, they exercised using them in a simple and elementary way, it was about re-educating the senses. It was the union of the mind with the body, something that the German painter Paul Klee considered “... teaching the machine (the body) to function intuitively”.

Currently, digital tools force us to think like the machine. The objects are no longer designed, now the algorithm that generates the objects is designed; knowing how to design is knowing how to program, that is, “designing the design” according to Mark Burry (2013). The model is flexible, adaptable and mutable, and the iterations in its development are endless thanks to the parametric design. The design input is the algorithm and the output is no longer construction drawings on paper, but manufacturing instructions in the form of code that the machine interprets directly.

In this digital field, the *Fab Academy* arises, a hybrid course that teaches students to visualize, design and prototype their projects using computational tools in a Fab Lab. It is a practical multidisciplinary learning experience organized in intensive units to execute a new project each week, resulting in a personal portfolio of technical achievements published in a web repository. The diploma consists of 20 certificates (Fig. 6) of various kinds: computer-aided design, computer-controlled cutting and machining, 3D scanning and printing, molding and composites, electronic production and programming, networks and communication, and intellectual property.

De carácter obligatorio, en el *Vorkurs*, incluido dentro de los estatutos *Staatliches Bauhaus* (Fig. 5), los estudiantes aprendían sobre los materiales, se ejercitaban utilizándolos de un modo sencillo y elemental, se trataba de reeducar los sentidos. Era la unión de la mente con el cuerpo, algo que el pintor alemán Paul Klee consideraba “... enseñar a la máquina (el cuerpo) a funcionar intuitivamente”.

Actualmente, las herramientas digitales nos obligan a pensar como la máquina. Ya no se diseñan los objetos, ahora se diseña el algoritmo que genera los objetos; saber diseñar es saber programar, es decir “diseñar el diseño” según Mark Burry (2013). El modelo es flexible, adaptable y mutable, y las iteraciones en su desarrollo son infinitas gracias al diseño paramétrico. El *input* del diseño es el algoritmo y el *output* ya no son planos de construcción en papel, sino instrucciones de fabricación en forma de código que la máquina interpreta directamente.

En este ámbito digital surge el *Fab Academy*, un curso híbrido que enseña a los estudiantes a visualizar, diseñar y hacer prototipos de sus proyectos utilizando herramientas computacionales en un Fab Lab. Es una experiencia práctica de aprendizaje multidisciplinar organizada en unidades intensivas para ejecutar un nuevo proyecto cada semana, resultando un portfolio personal de logros técnicos publicado en un repositorio web. El diploma está

compuesto por 20 certificados (Fig. 6) de diversa índole: diseño asistido por ordenador, corte y mecanizado controlado por computadora, escaneo e impresión 3D, moldes y composites, producción electrónica y programación, redes y comunicación y propiedad intelectual.

### *El espacio de experimentación: del taller artesanal al laboratorio digital*

*Taller*, deriva del francés *atelier*, y se refiere al lugar en que se trabaja una obra con las manos. Un espacio de enseñanza, asociado con las ciencias o el arte, donde los aprendices, trabajan colaborando con sus maestros. Se apoya en los principios del pedagogo alemán Friedrich Froebel, donde “aprender una cosa viéndola y haciéndola es algo mucho más formador, cultivador, vigorizante que aprenderla simplemente por comunicación verbal de las ideas”.

En esencia, los talleres de la Bauhaus diferenciados por técnicas y materiales (Fig. 7) eran, según su segundo director Hannes Meyer, “laboratorios experimentales para la industria”, en donde se diseñaban objetos y modelos, mejorados continuamente para ser patentados y fabricados en serie, siendo asequibles para la clase media (García-Setién, 2011), donde la máquina era solo el medio para liberar la creatividad del individuo. La Bauhaus era una escuela única con un visionario modelo pedagógico donde los alumnos



- 6. Fab Academy Program, Fab Foundation, 2021
- 7. Talleres de la Bauhaus, 1919-1933. Cerámica, impresión gráfica, carpintería, metal, escultura, vidrio y tejeduría
- 8. Fab Lab Iceland, 2014. Prototipo de laboratorio equipado cumpliendo con el inventario para impartir el Fab Academy

- 6. Fab Academy Program, Fab Foundation, 2021
- 7. Bauhaus workshops, 1919-1933. Ceramics, graphic printing, carpentry, metal, sculpture, glass and weaving
- 8. Fab Lab Iceland, 2014. Laboratory prototype equipped complying with the inventory to impart the Fab Academy

acudían hasta un lugar concreto para formarse presencialmente.

Los Fab Lab, en cambio, constituyen una red conectada de más de 2.000 laboratorios multifuncionales (Fig. 8) de los cuales casi 70 nodos imparten el Fab Academy (fablabs.io, 2019) de forma síncrona y remota en todo el planeta, formando un gran laboratorio distribuido para la invención.

En los talleres experimentales de la Bauhaus los alumnos eran tutorizados por dos maestros, uno de forma y otro de artesanía, desdibujando la figura jerárquica del profesor tradicional y enriqueciendo los trabajos desde el punto de vista artístico y funcional, pero la mayor

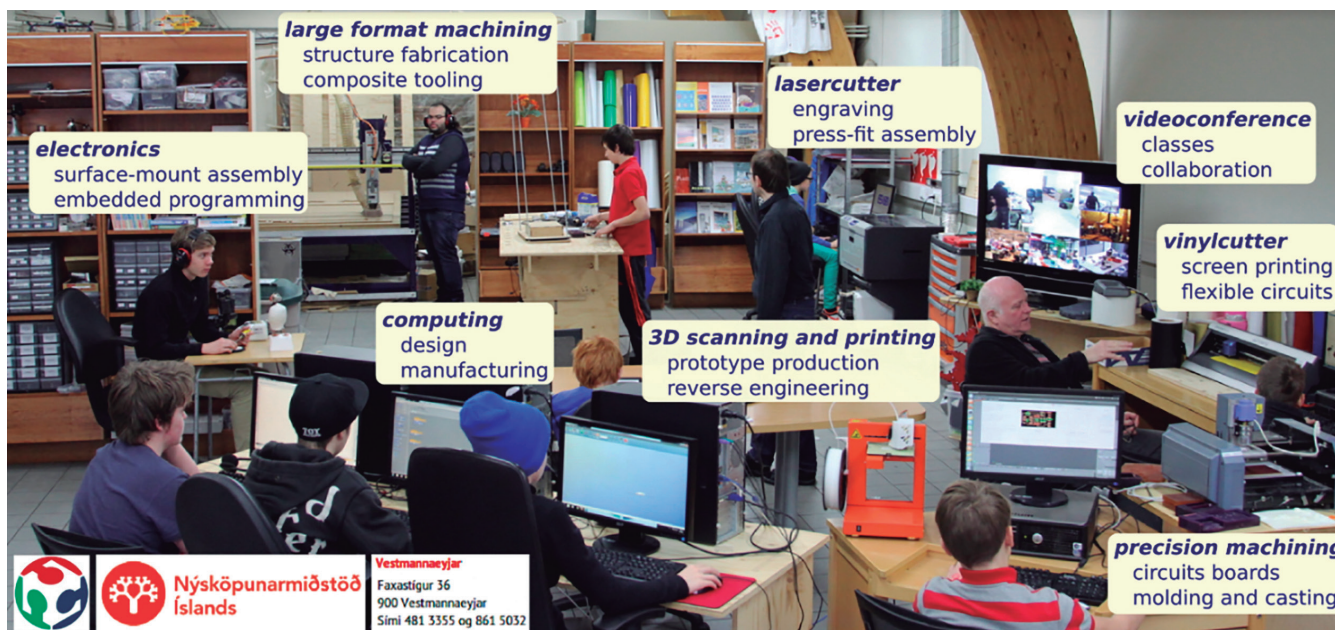
parte del profesorado no había sido formado para enseñar, sino que eran artistas en activo. En cambio, para ser instructor del Fab Academy, antes se debe haber superado dicho diploma, sin importar la formación precedente, y según se adquiera experiencia educativa se progresará desde *novel* hasta *mentor*. Aunque esta estructura docente carece de especialistas por técnicas o temáticas como ocurría con Klee en pintura, Albers en textiles, Kandinsky en geometría, Breuer en mobiliario o Mies en urbanismo, sino que todos deben saber de todo, resultando un aprendizaje generalista influido por los antecedentes de cada instructor que suele ser único en cada nodo.

*The experimentation space: from the artisan workshop to the digital laboratory*

*Workshop*, comes from the French *atelier*, and refers to the place where a work is worked with the hands. A teaching space, associated with science or art, where apprentices work collaborating with their masters. It is based on the principles of the German pedagogue Friedrich Froebel, where "learning something by seeing it and doing it is something much more formative, cultivating, invigorating than learning it simply by verbal communication of ideas". In essence, the Bauhaus workshops differentiated by techniques and materials (Fig. 7) were, according to their second director Hannes Meyer, "experimental laboratories for industry", where objects and models were designed, continuously improved to be patented and manufactured in series, being



7



8



**Nýsköpunarmiðstöð Íslands**  
 Vestmannaeyjar  
 Faxastígur 36  
 900 Vestmannaeyjar  
 Sími 481 3355 og 861 5032



affordable for the middle class (García-Setién, 2011), where the machine was only the means to unleash the creativity of the individual. The Bauhaus was a unique school with a visionary pedagogical model where students came to a specific place to train in person.

The Fab Labs, on the other hand, constitute a connected network of more than 2,000 multifunctional laboratories (Fig. 8) of which almost 70 nodes teach the Fab Academy (fablabs.io, 2019) synchronously and remotely throughout the planet, forming a large distributed laboratory for invention. In the experimental workshops of the Bauhaus, the students were tutored by two teachers, one of form and the other of crafts, blurring the hierarchical figure of the traditional teacher and enriching the works from the artistic and functional point of view, but most of the faculty had not been trained to teach, but were active artists. On the other hand, to be an instructor at the *Fab Academy*, you must first have passed this diploma, regardless of the previous training, and as you acquire educational experience you will progress from novice to mentor. Although this teaching structure lacks specialists by techniques or themes, as happened with Klee in painting, Albers in textiles, Kandinsky in geometry, Breuer in furniture or Mies in urban planning, but everyone must know everything, resulting in a generalist learning influenced by the background of each instructor that is usually unique in each node

### *Interdisciplinary co-creation: from industrial artisans to the maker community*

*Bauhaus* means *house* (haus) of *construction* (bau), which comes from the medieval *Bauhütter*, a social and spiritual community that developed products. The German school established a community space for exchange and collective construction of knowledge, where teachers and students worked collaboratively (Fig. 9-10). For Gropius, the union of the different creative segments made it possible to find the solution to the problem: “the isolated individual cannot achieve that goal; only in the collaboration of many can the solution be found. In practice, this community was reflected in the licenses obtained from the models produced in the workshops: the school, half stayed, the rest was divided between the

### *La co-creación interdisciplinar: de los artesanos industriales a la comunidad maker*

*Bauhaus* significa casa (haus) de la construcción (bau), que proviene de los *Bauhütter* medievales, una comunidad social y espiritual que desarrollaba productos. La escuela alemana establecía un espacio comunitario, de intercambio y construcción colectiva del conocimiento, donde profesores y estudiantes, trabajaran colaborativamente (Fig. 9-10). Para Gropius, la unión de los diferentes segmentos creativos, permitía encontrar la solución al problema: “el individuo aislado no puede lograr ese objetivo; solo en la colaboración de muchos puede hallarse la solución”. En la práctica, esa comunidad quedaba reflejada en las licencias que se obtenían de los modelos producidos en los talleres: la escuela, se quedaba la mitad, el resto se repartía entre el maestro, el diseñador y el taller.

Los Fab Labs no promueven el desarrollo de proyectos comerciales, pues su misión es investigar, prototipar y compartir el descubrimiento, exigiendo a sus alumnos la documentación de su progreso en un repositorio web que sirva de registro para la corrección del instructor, de tutorial para otros alumnos y sea expuesto en la sesión crítica semanal (Fig. 11-12), independientemente de si funciona o no, ya que el fin es poder revisar el proceso y detectar posibles fallos o ser mejorado por aquellos que repliquen el experimento. No obstante, cada Fab Lab es libre de proponer tarifas para ofrecer sus servicios acogiendo proyectos en fase de incubación y cada usuario puede proteger sus invenciones como estime oportuno.

Las comunidades virtuales y los repositorios son plataformas de encuentro e intercambio de información del *movimiento maker*. Las más populares son *FabWiki* 1, el repositorio oficial de la red FabLab, *Instructables* 2, *Thingiverse* 3, *GitLab* 4 o, la recién creada, *WikiFactory* 5. Estas comunidades permiten a los usuarios publicar o descargar, a veces mediante pago, archivos e instrucciones para la creación de artefactos digitales o analógicos. También encontramos plataformas dedicadas al *making* educativo, como *Fablearn* 6 o iniciativas de inclusión social como *Breakerslab* 7, diseñada por la pedagoga Tesconi en 2016.

### *Fabricando arquitectura: de la construcción in situ a la fabricación distribuida*

Aunque estas instituciones suelen producir pequeños objetos y artefactos para la vida cotidiana, ambas desarrollaron proyectos arquitectónicos a escala 1:1 donde expresar sus ideales pedagógicos.

La *Haus am Horn* 8 (Fig. 13-15) o *Casa Modelo* fue una de las obras de la Primera Exposición de la Bauhaus en Weimar construida en 1923. Concebida como una “casa experimental”, fue diseñada por Georg Muche, pintor y profesor en la Bauhaus, y Adolf Meyer y Walter Gropius, colaboraron con los aspectos técnicos. Gropius dijo que el objetivo de esta construcción era buscar “el máximo confort con la mayor economía por la aplicación de los mejores artesanos y mejora de la distribución espacial de forma, tamaño y articulación”. La casa se organizaba en torno a un espacio central, rodeado de habitaciones y espacios auxiliares. Cada espacio



9

9. Josef Albers, sesión crítica de grupo durante el Curso Preliminar, Bauhaus Dessau, 1928 (foto Otto Umbehrr)

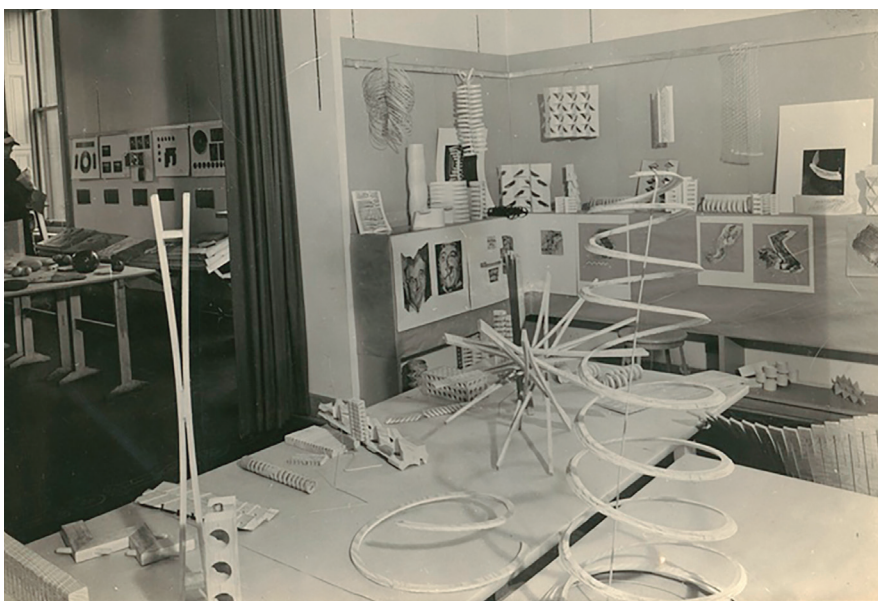
10. Exhibición del trabajo de los alumnos del Curso Preliminar en la New Bauhaus de Chicago, 1938

11. Neil Gershenfeld, videoconferencia mundial de puesta en común de los proyectos realizados en diferentes Fab Labs, 2014

9. Josef Albers, group critical session during the Preliminary Course, Bauhaus Dessau, 1928 (photo Otto Umbehrr)

10. Exhibition of the work of the Preliminary Course students in the New Bauhaus of Chicago, 1938

11. Neil Gershenfeld, global videoconference for sharing projects carried out in different Fab Labs, 2014



10

teacher, the designer and the workshop. Fab Labs do not promote the development of commercial projects, as their mission is to investigate, prototype and share the discovery, requiring their students to document their progress in a web repository that serves as a record for the instructor's correction, as a tutorial for others students and be exposed in the weekly critical session (Fig. 11-12), regardless of whether it works or not, since the purpose is to be able to review the process and detect possible failures or be improved by those who replicate the experiment. However, each Fab Lab is free to propose rates to offer its services by hosting projects in the incubation phase and each user can protect their inventions as they deem appropriate. Virtual communities and repositories are platforms for meeting and exchanging information for the *maker movement*. The most popular are *FabWiki* 1, the official repository of the FabLab network, *Instructables* 2, *Thingiverse* 3, *GitLab* 4 or, the newly created, *WikiFactory* 5. These communities allow users to post or download, sometimes for payment, files and instructions for creating digital or analog artifacts. We also find platforms dedicated to *educational making*, such as *Fablearn* 6 or social inclusion initiatives such as *Breakerslab* 7, designed by the pedagogo Tesconi in 2016.



11

*Fabricating architecture: from on-site construction to distributed fabrication*

Although these institutions usually produce small objects and artifacts for everyday life, both developed architectural projects on a 1:1 scale to express their pedagogical ideals. The *Haus am Horn* 8 (Fig. 13-15) or *Model House* was one of the works of the First





*Bauhaus Exhibition* in Weimar built in 1923. Conceived as an “experimental house”, it was designed by Georg Muche, a painter and professor at the Bauhaus, and Adolf Meyer and Walter Gropius, collaborated with the technical aspects. Gropius said that the objective of this construction was to seek “the maximum comfort with the greatest economy by applying the best craftsmen and improving the spatial distribution of shape, size and articulation.” The house was organized around a central space, surrounded by rooms and auxiliary spaces. Every perimeter space was starkly outfitted, with exposed metal radiators, steel window frames, elementary furnishings, and shadeless fixtures. A home that was nothing more than an XXL-sized object, which met the needs of the “new man”. Designed so that it could be done with very few means and for the most part prefabricated, it constitutes the germ of many of the social ideas of international-style housing and many of its pieces were made by hand in the Bauhaus workshops. The *Fab Lab House 9* (Fig. 16-18), built in 2010 for the *Solar Decathlon Europe* competition held in Madrid, was designed at the Fab Lab Barcelona within the IAAC, directed by Vicente Gullart, in collaboration with MIT's CBA and the Global Fab Lab Network, resulting in a work team made up of more than 25 nationalities. It was a milestone in the short history of the Fab Labs, since it embodied in a real-scale architectural work all the ideas of these laboratories and demonstrated the capabilities of digital fabrication in terms of co-creation, delocalization, parameterization, customization and sustainability. It was manufactured entirely in the Barcelona facilities and it was moved disassembled to Madrid, where it was assembled for a few months. A true solar house made with wood, equipped with photovoltaic panels according to the climatic parameters of its location. A self-sufficient construction monitored to interact with the environment, controlling the consumption and production of necessary energy (Menichinelli, 2017).

### Towards an intelligent manufacturing training

Technological advancement has allowed the digitization of processes while the pedagogical methodology of learning by doing endures in current training.

#### Assignments

##### FabAcademy Assignments



Week 01  
Principles and practices, project management



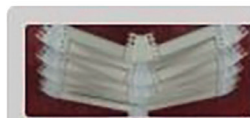
Week 02  
Computational-Aided Design



Week 03  
Computer-Controlled Cutter



Week 04  
Electronics Production



Week 05  
3D scanning and 3D printing



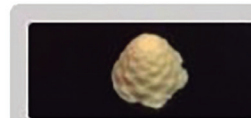
Week 06  
Electronics Design



Week 07  
Embedded Programming



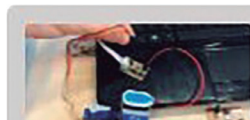
Week 08  
Computer Numeric Control



Week 09  
Molding and Casting



Week 10  
Input Device



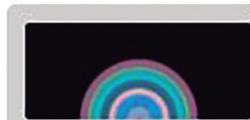
Week 11  
Output Device



Week 12  
Composites



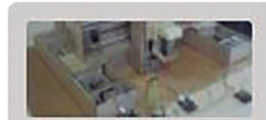
Week 13  
Networking and Communication



Week 14  
Interface and Application Programming



Week 15  
Applications and Implications



Week 16  
Machine Design



Week 17  
Invention, Intellectual Property, Inmate



Week 18  
Project Development



del perímetro estaba austeramente equipado, con radiadores metálicos a la vista, marcos de puertas de ventanas de acero, mobiliario elemental y luces de apliques sin pantallas. Una vivienda que no era otra cosa que un objeto de dimensiones XXL, que satisfacía las necesidades del “nuevo hombre”. Pensada para que se pudiera hacer con muy pocos medios y en su mayor parte prefabricada, constituye el germen de muchas de las ideas sociales de la vivienda del estilo internacional y muchas de sus piezas fueron hechas a mano en los talleres de la Bauhaus.

La *Fab Lab House 9* (Fig. 16-18), construida en 2010 para el concurso *Solar Decathlon Europe* celebrado en Madrid, fue diseñada en el Fab Lab Barcelona dentro del IAAC, dirigido por Vicente Guallart, en colaboración con el MIT's CBA y la Global Fab Lab Network, resultando un equipo de trabajo compuesto por más de 25 nacionalidades. Fue un hito en la corta historia de los Fab Labs, ya que plasma en una obra arquitectónica a escala real todo el ideario de estos laboratorios y demostraba las capacidades de la fabricación digital en cuanto a la co-creación, deslocalización, parametrización, personalización y sostenibilidad. Se fabricó íntegramente en las instalaciones de Barcelona y se trasladó desmontada a Madrid, donde se ensambló para unos meses. Una verdadera casa solar hecha con madera, equipada con paneles fotovoltaicos acorde a los parámetros climáticos de su ubicación. Una construcción autosuficiente monitorizada para interactuar con el ambiente, controlando el consumo y la producción de energía necesaria (Menichinelli, 2017).

## Hacia una formación para la fabricación inteligente

El avance tecnológico ha permitido la digitalización de los procesos mientras que la metodología pedagógica del aprender haciendo perdura en la formación actual.

La Bauhaus instruía en el arte y la técnica a capataces artesanos, con diferente rango en función del tiempo de formación, para una industria que producía en masa distribuyendo los productos de forma global, mientras que el Fab Lab empodera al individuo convirtiéndolo en creador de su propia producción personalizada para el consumo local.

En el *Vorkurs* el conocimiento de la materia era el origen de cualquier proyecto, mientras que en el Fab Academy se prioriza el control de la técnica de fabricación, careciendo de alguna unidad dedicada a los nuevos materiales, su posprocesado, la simulación de su comportamiento estructural o la optimización de su forma.

Además, los proyectos resultantes del Fab Academy manifiestan una excesiva apariencia de prototipo que dista de los productos finales producidos en los talleres de la Bauhaus. De hecho, muy pocos de los artefactos desarrollados en un Fab Lab se han comercializado, quizá porque su objetivo no es patentar sus inventos. Pero si se lanzasen al mercado se motivaría la utilidad de cada creación y se cuidaría más la funcionalidad, la ergonomía, la estética o el acabado.

El Fab Academy aboga por el autoaprendizaje remitiendo al alumno a los tutoriales como primera herramienta didáctica donde extraer las nociones básicas de cada temática antes de recurrir al

The Bauhaus instructed artisan foremen in art and technique, with different ranks depending on the time of training, for a mass production industry, distributing products globally, while the Fab Lab empowers the individual by making them the creator of their own customized production for local consumption.

In the *Vorkurs*, knowledge of the matter was the origin of any project, while in the *Fab Academy* the control of the manufacturing technique is prioritized, lacking any unit dedicated to new materials, their post-processing, the simulation of their structural behavior or optimizing its shape.

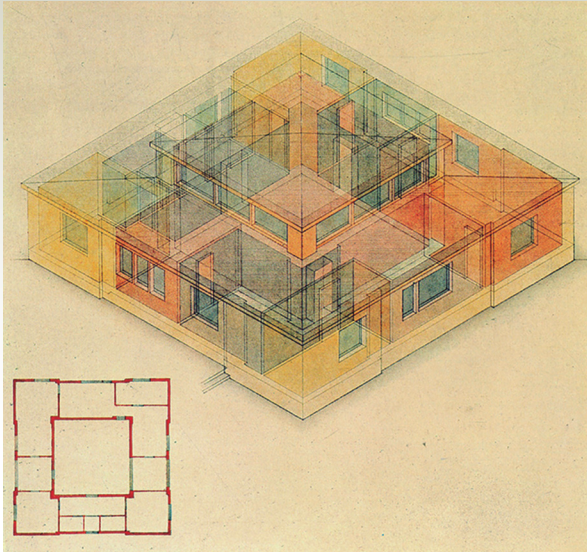
Furthermore, the projects resulting from the *Fab Academy* show an excessive appearance of a prototype that differs from the final products produced in the Bauhaus workshops. In fact, very few of the artifacts developed in a Fab Lab have been commercialized, perhaps because their goal is not to patent their inventions. But if they were launched on the market, the usefulness of each creation would be motivated and more attention would be paid to its functionality, ergonomics, aesthetics or finish.

The *Fab Academy* advocates self-learning by referring the student to the tutorials as the first didactic tool where to extract the basic notions of each subject before turning to the instructor to solve doubts and encourages the continuous improvement of the files shared in the repositories, insisting on graphic documentation of the creation processes to collect evidence to facilitate the work of learning for future students.

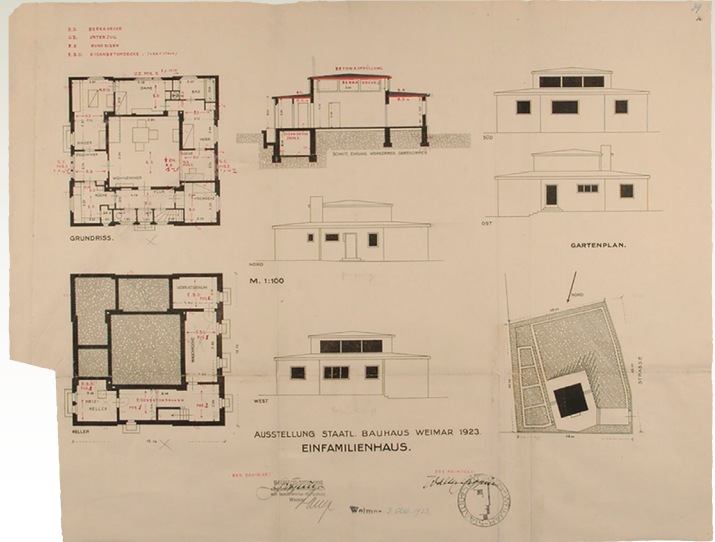
Now collaborative experimentation reigns, in addition the designs are shared in the *cloud* so that other users can replicate them promoting a sustainable model where “the bits travel and not the atoms”, as Gershenfeld defends, minimizing the carbon footprint of transport.

The true merit of the Fab Labs, in twelve years of existence, has been to expand laboratories exponentially by sharing manufacturing documents for free. However, it has not managed to permeate the official programs of the universities where they have been installed, although the use of digital fabrication tools has been introduced in certain practical project subjects, but developing more models than final objects.

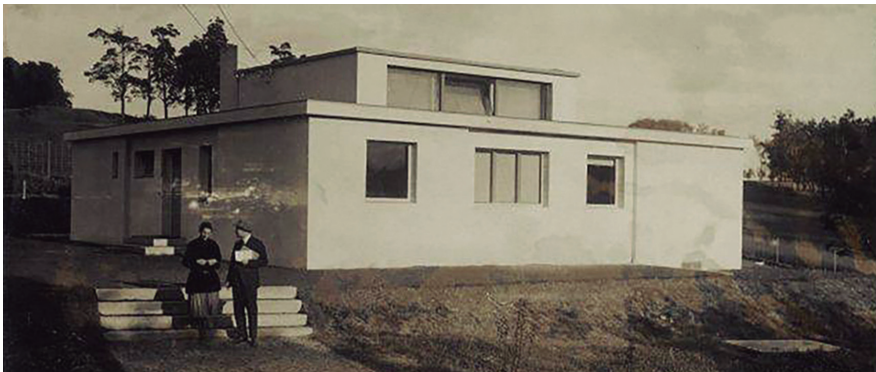
Today's fabrication laboratories are increasingly interdisciplinary as 3D technologies –



13



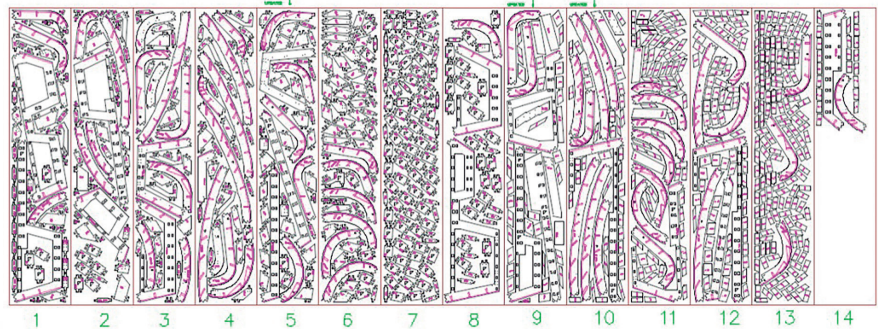
14



15

13. Georg Muche, Haus am Horn, Weimar, 1923. Axonometría conceptual  
 14. Georg Muche, Haus am Horn, Weimar, 1923. Planos de construcción  
 15. Georg Muche, Haus am Horn, Weimar, 1923. Construcción finalizada  
 16. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. Archivo CAD para fabricación CAM  
 17. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. Fresado CNC de las piezas  
 18. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. Ensamblado finalizado

13. Georg Muche, House on the Horn, Weimar, 1923. Conceptual axonometry  
 14. Georg Muche, House on the Horn, Weimar, 1923. Construction plans  
 15. Georg Muche, House on the Horn, Weimar, 1923. Construction completed  
 16. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. CAD file for CAM manufacturing  
 17. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. CNC milling of parts  
 18. Fab Lab BCN - IAAC, Fab Lab House, Madrid, 2010. Assembly completed



16



17



18



instructor para resolver las dudas y fomenta la mejora continua de los archivos compartidos en los repositorios insistiendo en la documentación gráfica de los procesos de creación para recopilar evidencias que faciliten la labor de aprendizaje a futuros alumnos.

Ahora impera la experimentación colaborativa, además los diseños se comparten en la nube para que otros usuarios puedan replicarlos promoviendo un modelo sostenible donde “viajan los bits y no los átomos”, como defiende Gershenfeld, minimizando la huella de carbono del transporte.

El verdadero mérito de los Fab Labs, en doce años de existencia, ha sido expandir laboratorios exponencialmente compartiendo documentos de fabricación gratuitamente. Sin embargo, no ha logrado permear en los programas oficiales de las universidades en donde se han instalado, si bien, se ha conseguido introducir el uso de herramientas de fabricación digital en ciertas asignaturas prácticas de proyectos, pero desarrollando más maquetas que objetos finales.

Los laboratorios de fabricación actuales son cada vez más interdisciplinarios pues las tecnologías 3D –escaneo, modelado, impresión y simulación– ya son comunes desde la ingeniería hasta la medicina, y concentran en poco espacio gran diversidad técnica.

En definitiva, este artículo, es la antesala de una investigación sobre el “aprender fabricando” de un análisis crítico comparado de casos donde extraer los principios de la pedagogía del proyecto arquitectónico en la *Era Maker* (Anderson, 2012), visitando los centros educativos a la vanguardia del diseño paramétrico y la fabricación digital donde el control del material, lo computacional

y lo biológico serán esenciales para el futuro de la fabricación inteligente y sostenible en la “Segunda Era Digital” (Carpo, 2017). ■

#### Notas

- 1 / <http://wiki.fablab.is/>
- 2 / <https://www.instructables.com/>
- 3 / <https://www.thingiverse.com/>
- 4 / <https://gitlab.fabcloud.org/>
- 5 / <https://wikifactory.com/>
- 6 / <https://fablearn.org/>
- 7 / <http://fablabsociales.org/>
- 8 / <https://www.klassik-stiftung.de/haus-am-horn/>
- 9 / <http://www.fablabhouse.com/>

#### Referencias

- ANDERSON, C. (2012) *Makers: The New Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- CARPO, M. (2017) *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge: MIT Press.
- DEWEY, J. (1938) *Experience and Education*. Indiana: Kappa Delta Pi. Traducción de Lorenzo Luzuriaga (1939) *Experiencia y Educación*. Buenos Aires: Editorial Losada.
- DOUGHERTY, D. (2012) The Maker Movement. Innovations: Technology, Governance, Globalization. *The MIT Press*, pp 7(3), 11- 14.
- Fab Academy Annual Report 2019, <https://fabacademy.org/resources/report2019.html>
- FRAILE, M. (2019), De la Bauhaus a los MediaLab. Una síntesis apretada de 100 años de evolución, TRP21, N° 6, pp. 7-33.
- GARCÍA-SETIÉN, D. (2011), *Del telar al FabLab. Hacia una didáctica creativa y productiva*. Publicado en Ribot, A., Borrego, I., García-Setién, D. (2011), *CoLaboratorio 2010*. Madrid: Mairera.
- GERSHENFELD, N. (2005) *FAB: the coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books.
- GROPIUS, W. (1937) *Scope of total architecture*. New York: Harper & Brothers.
- HATCH, M. (2014) *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York: McGraw-Hill.
- MENICHINELLI, M. (2017) *Fab Lab: Revolution Field Manual*. Salenstein: Niggli.
- TESCONI, S. (2018) *El docente como maker. La formación del profesorado en making educativo*. Tesis inedita. Universidad Autónoma de Barcelona.
- WICK, R. (1982) *Bauhaus-Pädagogik*. Köln: DuMont Buchverlag. Traducción de Bas, B. (1986) *Pedagogía de la Bauhaus*. Madrid: Alianza Editorial.

scanning, modeling, printing and simulation – are already common from engineering to medicine, and they concentrate great technical diversity in a small space.

In short, this article is the prelude to a research on “learning by fabricating” of a comparative critical analysis of cases where to extract the principles of architectural project pedagogy in the *Maker Age* (Anderson, 2012), visiting educational centers to the forefront of parametric design and digital manufacturing where the control of material, computation and biology will be essential for the future of sustainable and intelligent manufacturing in the “Second Digital Age” (Carpo, 2017). ■

#### Notes

- 1 / <http://wiki.fablab.is/>
- 2 / <https://www.instructables.com/>
- 3 / <https://www.thingiverse.com/>
- 4 / <https://gitlab.fabcloud.org/>
- 5 / <https://wikifactory.com/>
- 6 / <https://fablearn.org/>
- 7 / <http://fablabsociales.org/>
- 8 / <https://www.klassik-stiftung.de/haus-am-horn/>
- 9 / <http://www.fablabhouse.com/>

#### References

- ANDERSON, C. (2012) *Makers: The New Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- CARPO, M. (2017) *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge: MIT Press.
- DEWEY, J. (1938) *Experience and Education*. Indiana: Kappa Delta Pi
- DOUGHERTY, D. (2012) The Maker Movement. Innovations: Technology, Governance, Globalization. *The MIT Press*, pp 7(3), 11- 14.
- Fab Academy Annual Report 2019, <https://fabacademy.org/resources/report2019.html>
- FRAILE, M. (2019), *From the Bauhaus to the MediaLab. A tight synthesis of 100 years of evolution*, TRP21, N° 6, pp. 7-33.
- GARCÍA-SETIÉN, D. (2011), *From the loom to the FabLab. Towards a creative and productive didactics*. Published in Ribot, A., Borrego, I., García-Setién, D. (2011), *CoLaboratorio 2010*. Madrid: Mairera.
- GERSHENFELD, N. (2005) *FAB: the coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books.
- GROPIUS, W. (1937) *Scope of total architecture*. New York: Harper & Brothers.
- HATCH, M. (2014) *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York: McGraw-Hill.
- MENICHINELLI, M. (2017) *Fab Lab: Revolution Field Manual*. Salenstein: Niggli.
- TESCONI, S. (2018) *The teacher as a maker. Teacher training in educational making*. Unpublished thesis. Autonomous University of Barcelona.
- WICK, R. (1982) *Bauhaus Pedagogy*. Köln: DuMont Buchverlag.