



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE UN FAB LAB EN LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

CURSO ACADÉMICO 2016/17

Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

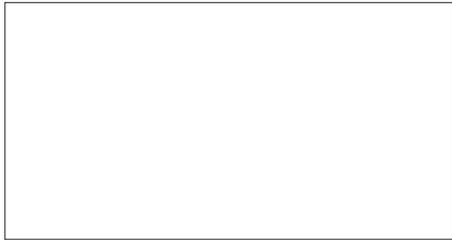
Autor

César González Sosa

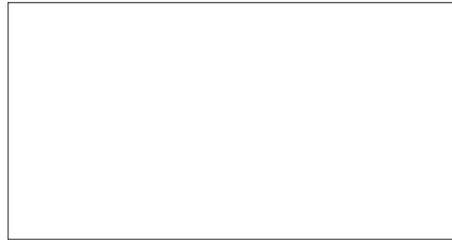
Tutor

Pedro M. Hernández Castellano

_AUTOR
CÉSAR GONZÁLEZ SOSA



_TUTOR
PEDRO MANUEL HERNÁNDEZ CASTELLANO



DISEÑO DE UN FAB LAB EN LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	9
PETICIONARIO	11
OBJETO	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	17
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES	23
1. CONCEPTOS BÁSICOS	25
1.1. MANUFACTURA	25
1.2. PRODUCTO	26
1.3. PROTOTIPO	26
1.4. FABRICACIÓN RÁPIDA	27
1.5. FABRICACIÓN DIGITAL	28
1.6. TALLER Y LABORATORIO	29
2. FAB LABS	31
2.1. ¿QUÉ ES UN <i>FAB LAB</i> ?	31
2.2. ¿POR QUÉ SURGEN LOS <i>FAB LABS</i> ?	32
2.3. CULTURA <i>MAKER</i>	33
2.4. <i>FAB FOUNDATION</i>	35
2.5. ¿QUÉ CALIFICA A UN <i>FAB LAB</i> ?	36
2.6. CARTA <i>FAB LAB</i> Y NIVEL DE EQUIPAMIENTO	37
2.7. <i>FAB LAB</i> IDEAL	38
2.8. MINI <i>FAB LAB</i>	40
2.9. <i>FAB LAB</i> MÓVIL	41
2.10. APLICACIONES	45
CAPÍTULO 3: OBJETO DEL TRABAJO	49
1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
2. <i>FAB LABS</i> UNIVERSITARIOS	51

2.1.	<i>FAB LAB</i> ETSIDI	53
2.2.	<i>FAB LAB</i> COLABORATORIO UPM	55
2.3.	<i>FAB LAB</i> DEUSTO	57
2.4.	<i>FAB LAB</i> SEVILLA	59
2.5.	<i>FAB LAB</i> BARCELONA	61
2.6.	<i>FAB LAB</i> UEM	63
2.7.	<i>FAB LAB</i> ALICANTE	65
2.8.	<i>FAB LAB</i> TERRASSA	67
2.9.	<i>FAB LAB</i> ULL	69
3.	<i>FAB LABS</i> INTERNACIONALES	70
3.1.	CINNO <i>FAB LAB</i>	70
3.2.	<i>FAB LAB</i> TOULOUSE	72
3.3.	<i>FAB LAB</i> BALTIMORE	74
3.4.	<i>FAB LAB</i> BERLÍN	76
4.	CONCLUSIONES	78
CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN ADOPTADA		83
1.	ESTUDIO DE LAS NECESIDADES	85
2.	OBJETIVOS DEL <i>FAB LAB</i> EIIC-ULPGC	89
3.	FASES DEL PROYECTO	90
3.1.	FASE 1: IMPLANTACIÓN DE AULA DE IMPRESIÓN 3D	91
3.1.1.	UBICACIÓN	91
3.1.2.	EQUIPAMIENTO	95
3.1.3.	ORGANIZACIÓN	99
3.2.	FASE 2: AMPLIACIÓN DE AULA DE IMPRESIÓN 3D	100
3.2.1.	UBICACIÓN	100
3.2.2.	EQUIPAMIENTO	100
3.2.3.	ORGANIZACIÓN	104
3.3.	FASE 3: IMPLANTACIÓN DEL <i>FAB LAB</i> DEFINITIVO	105
3.3.1.	UBICACIÓN	106
3.3.2.	EQUIPAMIENTO	107
3.3.3.	ORGANIZACIÓN	108
4.	GESTIÓN DEL <i>FAB LAB</i>	108
4.1.	RECURSOS HUMANOS	108
4.2.	GESTIÓN DE TIEMPOS Y COSTES	110

4.2.1. COSTES	110
4.2.2. TIEMPOS	111
5. PROPUESTA FORMATIVA DEL <i>FAB LAB</i>	112
<u>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES</u>	<u>117</u>
<u>CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>123</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>129</u>

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1: Introducción

Peticionario

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) ha sido realizado por el alumno César González Sosa, como requisito académico para obtener el título de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos impartido en la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Se ha llevado a cabo dentro del Grupo de Innovación Educativa Ingeniería de Fabricación (GIEIF) del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Objeto

El objeto del proyecto consiste en el diseño de un *Fab Lab* dentro de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, un laboratorio de fabricación digital perteneciente a una red en la que se encuentran inscritos más de 1000 *Fab Labs* alrededor del mundo; un espacio que sirva para desarrollar trabajos y proyectos mediante tecnologías de fabricación rápida y que le aporte al alumno, docente, grupos de investigación o a un usuario ajeno a la comunidad universitaria, un servicio para desempeñar trabajos de carácter más específicos dentro del ámbito de la fabricación, siguiendo siempre una misma filosofía: el conocimiento compartido.

Este proyecto pretende, sobretodo, ayudar a los alumnos de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles a desarrollar sus maquetas, trabajos o proyectos que puedan tener en relación con cualquier asignatura del grado que se encuentren estudiando, ya que en numerosas ocasiones se ven en la necesidad de realizar cualquier prototipo y no se dispone de los medios necesarios dentro de la escuela.

Resumen

Este Trabajo de Fin de Título (TFT) es solicitado por la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), como requisito imprescindible para finalizar la titulación de Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.

Este TFT tiene como **objetivo principal** plantear una propuesta de *Fab Lab* dentro de la EIIC de la ULPGC. Se trata de un laboratorio de fabricación digital perteneciente a una red en la que se encuentran inscritos más de mil *Fab Labs* alrededor del mundo, que sirve para desarrollar trabajos y proyectos mediante tecnologías de fabricación rápida y que aporta al alumno, docente, grupos de investigación o a usuarios ajenos a la comunidad universitaria, un servicio de carácter más específico dentro del ámbito de la fabricación.

Con el mismo, se pretende ayudar a los alumnos de la EIIC a realizar sus maquetas, trabajos o proyectos que puedan tener en relación con cualquier asignatura del grado que estén estudiando, debido a que en muchas ocasiones se encuentran en la necesidad de realizar prototipos y no disponen de los medios necesarios dentro de la Escuela.

Es imprescindible clarificar determinados **conceptos necesarios** para la comprensión de este tema, para luego contextualizar los *Fab Labs*. Para comenzar, se analiza una serie de términos relacionados con los *Fab Labs* (*Fabrication Laboratory* o Laboratorio de Fabricación):

- Manufactura
- Producto
- Prototipo
- Fabricación rápida
- Fabricación digital
- Taller y laboratorio

A continuación, se procede a la **contextualización de los *Fab Labs***, para destacar la necesidad y utilidad de los mismos. Se parte de la definición de *Fab Lab*, cómo surgen, la cultura *Maker* y la *Fab Foundation*.

El *Fab Lab* es un espacio que aúna técnicas de Fabricación Rápida (RM) y las herramientas necesarias para el desarrollo de ideas y prototipos. Es, también, una **filosofía de trabajo multidisciplinar**, que permite compartir conocimiento entre los distintos usuarios, sin importar la rama de estudio de la que procedan.

Estos laboratorios nacen como un componente de extensión educativa del *Center for Bits and Atoms* (CBA), perteneciente al *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), con el fin de realizar investigaciones en fabricación y computación digital. Por otro lado, el *Fab Lab* pretende ser una plataforma de aprendizaje, un espacio habilitado para aprender, diseñar y fabricar.

Surgen como un proyecto del CBA, financiado por la Fundación Nacional de las Ciencias (NSF) de los Estados Unidos, con la intención de tener la capacidad para hacer cualquier proyecto en cualquier escala, todo dentro de un mismo lugar. Se concibe así que la fabricación digital no se pueda separar por disciplinas o escalas de longitud. Esto tenía un problema, y era la dificultad de enseñar a los estudiantes cómo utilizar los diferentes equipos. Por este motivo, Neil Gershenfeld, profesor del MIT e iniciador de los *Fab Labs*, imparte una clase titulada *How to make (almost) anything*, para la aplicación práctica de los conceptos teóricos: no se le hablaría a la gente sobre el término de fabricación digital, sino que se le facilitarían las herramientas.

En relación con la filosofía de los *Fab Labs*, es preciso introducir el concepto de cultura *Maker*, que parte del movimiento *Do it yourself* (DIY), que consiste en crear objetos de forma artesanal y utilizar tecnologías, como la impresión 3D, la robótica, el corte por láser o fresadoras.

La *Fab Foundation*, por último, se crea con el objetivo de facilitar y apoyar el crecimiento de la red internacional de *Fab Labs*, así como el desarrollo de organizaciones regionales que fomenten las capacidades relacionadas con la fabricación digital.

Una vez contextualizado el término de *Fab Lab*, se realiza una búsqueda de los diferentes *Fab Labs* nacionales para incidir en aquellos relacionados con el entorno académico universitario, analizar el servicio que se ofrece tanto dentro como fuera de la comunidad universitaria y destacar los modelos de gestión con el propósito de señalar los aspectos de interés para el *Fab Lab* que se va a proponer en la EIIC de la ULPGC.

Tras esto, se llega a la conclusión de que existen, principalmente, dos modelos de gestión: participación indirecta y participación directa.

La **participación indirecta** es un servicio más empresarial, en el que lo único que haría el cliente es el diseño. Serían los técnicos y trabajadores los que se encargarían de la operación con las máquinas y de llevar a cabo la fabricación de los diseños.

En la **participación directa**, por el contrario, el propio usuario será quien realice la fabricación de sus diseños. Este modelo requiere, por lo general, unos cursos de capacitación que ofertan los *Fab Labs*, para que los usuarios aprendan el manejo de los diferentes equipos.

En la propuesta que se presenta en este TFT, ha sido necesario un **estudio de las necesidades** dentro de la EIIC que puedan afectar a los alumnos de las diferentes titulaciones que se imparten. Por consiguiente, se ha tenido en cuenta el componente práctico de las asignaturas propias de la ingeniería y la necesidad de un espacio específico habilitado con máquinas y herramientas para desarrollar cualquier maqueta, prototipo o proyecto, puesto que el alumno tiene que buscar alternativas fuera de la Universidad. Esto supone, evidentemente, una mayor inversión de tiempo y de coste económico.

En esta propuesta se contemplan los siguientes **objetivos específicos**:

- Proporcionar medios al alumno en el desarrollo de los trabajos realizados con las asignaturas de su titulación.
- Mejorar el conocimiento sobre fabricación digital, principalmente en los alumnos de la Escuela, pero también alumnos de otras facultades y escuelas e, incluso, a personas externas a la ULPGC.
- Desarrollar las iniciativas emprendedoras entre los estudiantes.
- Desarrollar el concepto de Ingeniería Concurrente, como metodología de trabajo colaborativo para el desarrollo de productos.
- Complementar la actividad docente e investigadora de la propia universidad.

De esta forma se podrá acceder a equipamiento de fabricación digital y a una amplia variedad de herramientas.

No obstante, la implantación del *Fab Lab* presenta unos costes elevados. De ahí que se planteen **tres fases de desarrollo**, con el objeto de que la inversión en el mismo sea progresiva.

Fase 1: Implantación de Aula de Impresión 3D

Equipada con dos o tres impresoras 3D de diferentes tecnologías y prestaciones. Un escáner 3D como tecnología complementaria. Una cortadora de vinilo. Un kit básico de herramientas para la manipulación y postprocesado de las piezas fabricadas. Mesas de trabajo.

Fase 2: Ampliación de Aula de Impresión 3D

Con la incorporación de algunas tecnologías adicionales, tanto sustractivas, aditivas como de apoyo. También se dotaría de un conjunto de máquinas y herramientas portátiles manuales.

Fase 3: Implantación del *Fab Lab* definitivo

Incorporar el resto del equipo necesario para poder incluirse en la red internacional de *Fab Labs*. Se necesitaría, para esta fase, un espacio especialmente habilitado para este fin.

Se propone un equipamiento específico, atendiendo a las características de cada una de las fases, así como el modelo de organización de las mismas.

Para la implantación del *Fab Lab* no se precisa de un espacio de gran superficie ni con instalaciones especiales, ya que se trata de equipos de sobremesa y pequeñas dimensiones.

Tras analizar diferentes espacios de la EIIC, en los que se pudiese implantar un laboratorio de fabricación digital, se sugiere utilizar el “Aula de Informática de Libre Acceso”, como posible espacio para las dos primera fases.

De igual manera, hay que atender al apartado de **recursos humanos**, que permite el funcionamiento del laboratorio. En este sentido, la propuesta incide en un funcionamiento gestionado, principalmente, por alumnos interesados en dicho espacio y que actuarían como personal de apoyo para el resto de usuarios.

Son tres las **vías** para que el alumno pueda acceder al *Fab Lab*: la primera, mediante un reconocimiento de créditos por actividades no incluidas en el Plan de Estudios; la segunda, a través de las prácticas externas; y, la tercera y última, por becas de colaboración de la Escuela, semestrales o anuales.

El acceso al *Fab Lab* plantea, igualmente, una propuesta formativa:

- En primer lugar, todos los usuarios deberán asistir a un curso de **formación de carácter obligatorio y gratuito**, en el que se detallarán las normas de uso, las tecnologías disponibles de manera general y el modelo de gestión del laboratorio.
- En segundo lugar, estarán los **cursos de especialización** para cada uno de los equipos disponibles. Comprenderán aspectos comunes y técnicos sobre la tecnología en general y los equipos en particular. Si bien el curso forma al usuario para el manejo de los equipos, este deberá superar, previamente y de manera optativa, una prueba demostrativa para corroborar los conocimientos adquiridos en el curso, si quiere hacer un uso directo y autónomo de ese equipamiento.

En definitiva, se plantea una propuesta de diseño de un *Fab Lab* en la EIIC de la ULPGC, puesto que este es un espacio que sirve para consolidar los contenidos teóricos recibidos en el aula; complementar la formación en tecnologías de fabricación digital y otros aspectos relacionados con las mismas; desarrollar trabajos y proyectos tanto personales como académicos; y, por último, interactuar con usuarios de otras disciplinas y compartir conocimientos.

Abstract

This Project intent to fulfil the “Trabajo de Fin de Título (TFT)” that is requested by the School of Industrial and Civil Engineering (EIIC) from Las Palmas de Gran Canaria University (ULPGC) as a mandatory requirement to finish the Degree in Industrial Design Engineering and Product Development.

This TFT has as the **main objective** to present a proposal of *Fab Lab* within the EIIC of the ULPGC. It consists on a digital manufacturing laboratory that belongs to a network in which are registered more than a thousand *Fab Labs* around the world. This network serves to develop works and projects using technologies of rapid manufacturing and provides the student, teacher, research groups or users outside the university community, a service of a more specific nature within the field of manufacturing. Providing this tool it is intended to help students of the EIIC to carry out their models, works or projects that may have relation to any subject of the degree they are studying because they are often in need of prototyping and do not have the necessary resources within the School.

Firstly, it is essential to clarify **indispensable concepts** for the understanding of this subject, and then, to contextualize *Fab Labs*. To begin, we analyse a series of terms related to the *Fab Labs* (*Fabrication Laboratory*):

- Manufacturing
- Product
- Prototype
- Rapid Manufacturing
- Digital Manufacturing
- Workshop and laboratory

Subsequently, we proceed to the **contextualization of the *Fab Labs*** highlighting the necessity and usefulness of them. It is started from the definition of *Fab Lab*, how they arise, the *Maker* culture and the *Fab Foundation*.

The *Fab Lab* is a space that combines Rapid Manufacturing (RM) techniques and the necessary tools for developing ideas and prototypes. It is also a **multidisciplinary work**

philosophy, which allows knowledge sharing among different users, regardless of the branch of study from which they come.

These laboratories are born as an educational extension of the Center for Bits and Atoms (CBA), part of the Massachusetts Institute of Technology (MIT), for research in manufacturing and digital computing. On the other hand, the *Fab Lab* pretends to be a learning platform, a space enabled to learn, design and manufacture.

The Laboratories first emerge as a CBA project, funded by the National Science Foundation (NSF) in the United States, with the intention of having the ability to do any project on any scale, all within one place. It is conceived thus that the digital manufacture cannot be separated by disciplines. This had a problem, which was the difficulty of teaching students how to use the different equipment. For this reason, Neil Gershenfeld, a professor at MIT and founder of Fab Labs, teaches a class entitled *How to make (almost) anything*, for a practical application of theoretical concepts: people would not be told about the term of Digital Manufacture, but would provide the tools.

In relation to the philosophy of the *Fab Labs*, it is necessary to introduce the concept of Maker culture. This starts from the *Do It Yourself* (DIY) movement, which consists of creating objects in an artisan way and using technologies such as 3D printing, robotics, laser-Cutting or milling machines.

The *Fab Foundation* is created with the aim of assist and supports the growth of *Fab Labs* network internationally, as well as the development of regional organizations that promote the capabilities related to digital manufacturing.

Once the term *Fab Lab* has been contextualized, a search of the different national *Fab Labs* is performed in order to focus in those related to the academic environment, and the service offered both inside and outside the university community. The objective is to pay attention to the management models in order to get inspired from the most successful cases and apply those to build a better proposal that will fit best in the EIIC of the ULPGC.

From this, it is concluded that there are, mainly, two models of management: indirect participation and direct participation.

Indirect participation is a more entrepreneurial service, in which the only thing the client would do is design. It would be the technicians and workers who would be in charge of operating the machines and carrying out the manufacture of the designs.

On the other hand, using a model of **direct participation**, the user will be the one who makes the manufacture of its designs. This model generally requires training courses offered by *Fab Labs*, so that users learn how to manage the different equipment.

In the proposal presented in this TFT, it has been necessary a study of the needs within the EIIC that may affect the students of the different degrees that are taught. Consequently, the practical component of engineering subjects and the need for a specific space enabled with machines and tools to develop any model, prototype or project have been taken into account, since right now the student has to look for alternatives outside the University. This obviously implies a greater investment of time and economic cost.

This proposal contemplates the following **specific objectives**:

- To provide resources to the student in the development of the work developed during the subjects of its degree.
- Improve knowledge about digital manufacturing, mainly in the students of the School, but also students from other faculties and schools and even people outside the ULPGC.
- Develop entrepreneurial initiatives among students.
- Develop the concept of Concurrent Engineering, as a collaborative methodology for the development of products.
- Complement the teaching and research activity of the university itself.

This will allow access to digital manufacturing equipment and a wide variety of tools. However, *Fab Lab* establishment presents high costs. Hence, three stages of development are considered so that the investment is progressive:

Phase 1: Implantation of 3D Printing Classroom

Classroom equipped with two or three 3D printers with different technologies and performance, a 3D scanner as a complementary technology, a vinyl cutter, a basic kit of tools for the manipulation and post-processing of manufactured parts and work tables.

Phase 2: 3D Print Room Expansion

Incorporation of some additional technologies, both subtractive, additive and support. It would also provide a set of portable hand-held machines and tools.

Phase 3: Implantation of the definitive Fab Lab

Incorporate the rest of the necessary equipment to be included in the international network of *Fab Labs*. For this phase, a space specially qualified for this purpose would be needed.

It is proposed a specific equipment, taking into account the characteristics and the organizational model of each phase.

The implantation of the Fab Lab does not require a space of great surface or with special installations since it is only needed a desktop and small dimensions equipment.

After analysing different areas of the EIIC, in which a digital manufacturing laboratory could be implemented, it is suggested to use the " Aula de Informática de Libre Acceso " as a possible space for the first two phases.

In the same manner, it is necessary to take care of the section of **human resources**, which allows the operation of the laboratory. In this sense, the proposal focuses on a functioning managed, mainly, by students interested in that space and who would act as support staff for other users.

There are **three ways** for the student to access the Fab Lab: the first, through a recognition of credits for activities not included in the curriculum; the second, through external internships; and, the third and last, for collaborative scholarships from the School (each semester or annually.)

The access to the *Fab Lab* also contributes with a training proposal:

- First of all, all users should attend a **compulsory and free training course**, which will cover the aspect of the usage rules, the generally available technologies and the laboratory management model.
- Second, there will be **specialisation courses** for each of the available equipment. They will understand common and technical aspects of the technology in general and the equipment in particular. Although the course educates the user for the management of the equipment, the student must pass, previously and in an optional manner, a demonstration test to corroborate the knowledge acquired in the course if it wants to perform a direct and autonomous use of that equipment.

Finally, a proposal for the design of a *Fab Lab* in the EIC of the ULPGC is projected, since this is a space that serves to consolidate the theoretical contents received in the classroom, complement training in digital manufacturing technologies and other aspects related to them, develop personal and academic projects and, lastly, interact with users from other disciplines and share knowledge.

CAPÍTULO 2.

ANTECEDENTES

Capítulo 2: Antecedentes

1. Conceptos básicos

Para comenzar, será preciso clarificar determinados conceptos necesarios para la comprensión del tema que se trata. Es por eso que se analizará una serie de términos a modo de preámbulo, relacionados con los *Fab Labs* (*Fabrication Laboratory* o Laboratorio de Fabricación) y necesarios para llegar a definir este último concepto, como son “manufactura”, “producto”, “prototipo”, “fabricación rápida”, “fabricación digital” y “taller y laboratorio”.

1.1. Manufactura

Proveniente del latín *manus* (manos) y *factura* (hechura, obra), este término se refiere al producto elaborado, por el que se debe haber producido con anterioridad una transformación de materias primas. La relación que tiene con el trabajo manual se debe a su etimología, en la que la manufactura era un producto hecho a mano.

La manufactura aúna diferentes técnicas, que van desde la artesanía a la alta tecnología. Con todo esto, se entiende que el rango de trabajo es muy amplio en la actualidad, por lo que se suele referir a cualquier proceso que transforme las materias primas en productos elaborados (26).



Ilustración 1. Manufactura en la industria textil (Fuente: Forbes México)

Asimismo, es importante relacionar este concepto con del ámbito de la fabricación, como un proceso que consiste en la producción a través de medios de tipo mecánico. La fabricación, al igual que la manufactura, implica la transformación de las características de una materia prima en un producto.

1.2. Producto

Producto es un sustantivo que deriva del latín *productus*, que se traduce como “producido, logrado, llevado a cabo”. Se trata de una definición muy abierta, por lo que puede abarcar diferentes rangos de productos que permiten englobarlos dentro del mismo concepto (1).

Un producto desde el punto de vista del marketing es aquello que se ofrece en un mercado con vistas a satisfacer las necesidades de un consumidor. Es por ello por lo que un producto no solo es algo tangible y material, sino que puede tratarse de un servicio, una experiencia o incluso factores externos a una compra, como el servicio post-venta, el trato con el cliente, etcétera.

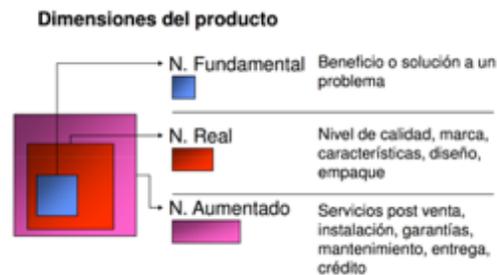


Ilustración 2. Dimensiones del Producto (Fuente: Apuntes de Fundamentos de Marketing: Fernando Saenz-Marreo Fernández)

1.3. Prototipo

La palabra “prototipo” proviene del griego *protos*, que se traduce como “el primero” y *tipos*, traducido como “modelo” o “tipo”. Se podría emplear este término para referirse a los modelos, objetos o diseños que se llevan a cabo en la fase inicial de un proyecto a modo de prueba (39).

Esto no quiere decir que un prototipo no pueda ser una pieza o modelo funcional que sirva como ejemplo para la fabricación en serie de las mismas piezas. O incluso en ocasiones, se pueden utilizar los prototipos como un fin para obtener la pieza final deseada, como por ejemplo el macho para realizar la cavidad de un molde.

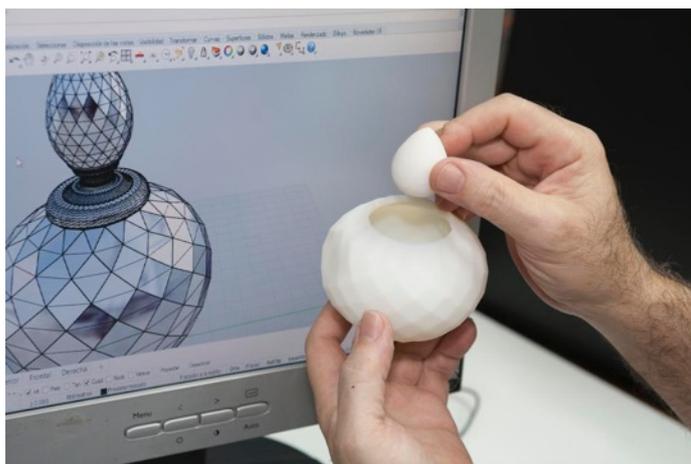


Ilustración 3. Prototipos en CAD y como modelo estético (Fuente: Quickimage)

En el campo de la ingeniería, el concepto de “prototipo” puede tener diferentes acepciones, definiéndose como “modelo adecuado para utilizar en la valoración de forma, proyecto y funcionamiento”, según la Real Academia de Ingeniería (2). Esto es, un prototipo puede ser modelo CAD, una pieza final para comprobar la funcionalidad total o parcial de la misma, o un modelo completamente estético, con la finalidad de averiguar cómo sería el resultado final una vez comience su fabricación.

1.4. Fabricación Rápida

Actualmente las tecnologías relacionadas con la fabricación asistida por ordenador (FAO) están evolucionando y tienen gran protagonismo en nuestra sociedad. Cada vez se encuentran con mejor accesibilidad las técnicas conocidas como *Rapid Manufacturing* (RM) o *Fabricación Rápida*.

El concepto RM suma dos procesos principales de fabricación: fabricación sustractiva (se realiza mediante el arranque de material, partiendo de un tocho inicial del que se le irá sustrayendo el material que no haga falta) y fabricación aditiva (formación de objetos mediante la adición de material, normalmente capa a capa), además de otro tipo de tecnologías afines, como la ingeniería inversa, a través del uso de máquinas medidoras por coordenadas, por ejemplo, que usan un palpador para calcular las coordenadas de diferentes puntos de la superficie de un objeto, que posteriormente digitaliza para obtener el archivo en 3D en el ordenador.

Otra tecnología afín son las herramientas de diseño CAD (*Computer Aided Design*), esenciales para el diseño de las piezas, obtener una previsualización de los diseños que van a

realizarse posteriormente, e incluso pruebas más exigentes, mediante herramientas CAE (*Computer Aided Engineering*), como cálculos resistentes, mediante módulos de elementos finitos que realizan cálculos aproximados en el modelo CAD, definiendo previamente el material, las cargas, y otros parámetros específicos.



Ilustración 4. Fabricación sustractiva. Arranque de material con fresadora (Fuente: bacedores.com)

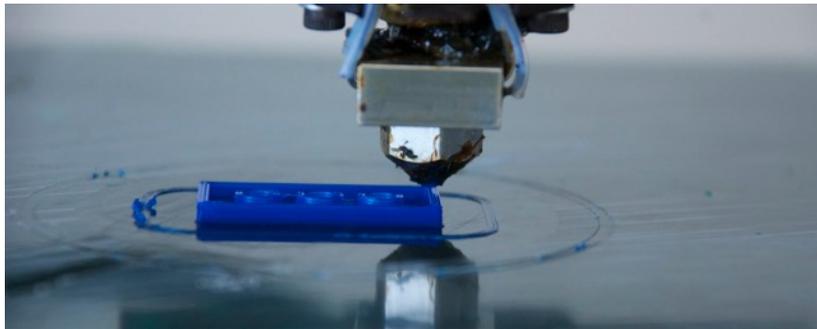


Ilustración 5. Pieza realizándose por fabricación aditiva, tecnología FFF (Fused Filament Fabrication) (Fuente: Technical.ly)

Los sistemas FAO se pueden combinar con procesos convencionales y manuales para obtener piezas prototipo o, incluso, piezas finales totalmente funcionales. Esto es lo que diferencia el *Rapid Prototyping* (RP) y el *Rapid Manufacturing*, pues el RP fue un concepto que nació con los orígenes de la fabricación aditiva y que se orientaba a la fabricación de prototipos.

La combinación de estos dos procesos de fabricación –sustractivos y aditivos– permiten la obtención de geometrías muy complejas que, a priori, podrían resultar casi imposibles de llevar a cabo.

1.5. Fabricación digital

Se conoce como fabricación digital al uso de un sistema integrado, basado en el ordenador, compuesto por visualizaciones en tres dimensiones, simulaciones, análisis y otras

herramientas diversas de colaboración para crear definiciones de producto y procesos de fabricación de manera simultánea (3).

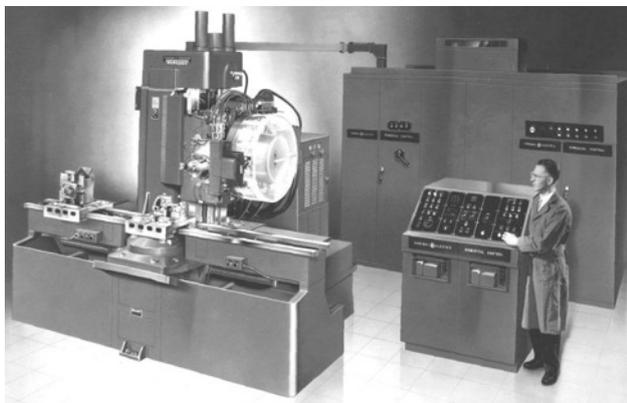


Ilustración 6. Primera máquina CNC con cambiador de herramienta automático. Año 1959. (Fuente: AlmaDeHerrero)

La revolución iniciada por la fabricación digital da comienzo en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) a mediados del siglo XX, con las primeras máquinas de control numérico computacional (CNC). No obstante, hoy en día la mayoría de productos comerciales tienen al menos una parte realizada mediante procesos de fabricación digital, indicando así la gran velocidad con la que se han desarrollado estas tecnologías.

1.6. Taller y laboratorio

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española (RAE), se define el concepto *taller* como “lugar en que se trabaja una obra de manos”. Por ello, se puede entender esta palabra como un espacio habilitado para la manufactura, capacitado de las máquinas o herramientas adecuadas para llevar a cabo el trabajo que se esté realizando (22).

Tal como se encuentra esta definición, se ve que el significado puede llegar a ser muy ambiguo, por lo que se procede a comparar el resultado de búsqueda con otras fuentes, encontrando que *taller*, palabra que procede del francés, *atelier*, “hace referencia a aquel lugar en el que se trabaja principalmente con las manos”. Bajo este concepto, se contempla diferentes usos para el mismo. *Taller* se puede considerar el espacio en el que un pintor realiza sus obras. Con respecto a la rama de diseño gráfico, se define *taller* como aquel espacio en el que se desempeñan tareas de pre impresión o acabados. A su vez, en el campo de la enseñanza, un *taller* es considerado como tal cuando se combinan la teoría y la práctica. Éste último facilita el desarrollo de investigaciones y trabajo en equipo, por lo que son ideales para el aprendizaje y la experiencia (19).

Por otro lado, la RAE define *laboratorio* como “lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico”. Sería un concepto similar al de *taller*, pero con la condición de que debe estar adecuado para el desempeño de las funciones que se relatan en la definición (22).



Ilustración 7. Taller especializado en Madera (Fuente: Escultura Piedra y Madera Granada)



Ilustración 8. Laboratorio Centro de Fresado dental en Asturias (Fuente: Luckler.es)

2. Fab Labs

2.1. ¿Qué es un *Fab Lab*?

Aunar estas técnicas RM y las herramientas necesarias en un mismo espacio podría ser considerado un taller, pero no si a todo eso se le suma el hecho de pertenecer a una red abierta de laboratorios cuya filosofía es la autoproducción (movimiento “*Do It Yourself*” o DIY) y la libre circulación de información u *Open Source*. Estos espacios son denominados “*Fab Labs*” (14).

Los *Fab Labs* surgieron como componentes de extensión educativa del *Center for Bits and Atoms* (CBA) perteneciente al *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), realizados para la investigación en fabricación y computación digital. A parte de ser un sitio al que poder ir a realizar los propios prototipos u objetos funcionales, pretende ser una plataforma de aprendizaje: un espacio habilitado para aprender, diseñar y fabricar (34).



Ilustración 9. Instalaciones de un *Fab Lab* estándar (Fuente: *Fablabs.io*)

Por regla general, un *Fab Lab* suele llevar incorporado cortadoras láser que son capaces de realizar estructuras o piezas en 2D o 3D; una fresadora de precisión especializada en la fabricación de placas de circuitos o piezas con tolerancias muy exigentes; un *router* grande de fresado para materiales como madera, con el fin de obtener piezas, partes de muebles o cualquier otro tipo de uso; una cortadora de vinilo para elementos de serigrafía; máquinas de fabricación aditiva, también conocidas como impresoras 3D (34).

Dado que estos espacios están diseñados para el desarrollo de ideas y prototipos, las máquinas no suelen ser de grandes dimensiones o recorridos, sino más bien con espacios de

trabajo medianos o pequeños. Asimismo, se podrían agrupar las tecnologías principales de un *Fab Lab* en las dos siguientes: tecnologías sustractivas y tecnologías aditivas. Estos dos grupos se podrían considerar como los pilares fundamentales en los que se basan los procesos realizados dentro de estos laboratorios. No obstante, debe tenerse en cuenta herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD), pues son algo básico y necesario para cualquier operación de fabricación posterior; o la ingeniería inversa, que usa escáner 3D o máquinas de medir por coordenadas, entre otras, para digitalizar piezas, objetos o figuras ya existentes en la realidad y pasarlas al ordenador como modelos 3D.

2.2. ¿Por qué surgen los *Fab Labs*?

Los *Fab Labs* nacen como un proyecto del CBA y financiado, a su vez, por la Fundación Nacional para las Ciencias (NSF) de los Estados Unidos. La intención de este proyecto era la de tener la capacidad de hacer cualquier objeto en cualquier escala, todo dentro de un mismo lugar, concibiendo la fabricación digital como algo que no se puede separar por disciplinas o por escalas de longitud.

Posteriormente, se recogió en un mismo espacio otras tecnologías más específicas. El problema surgía cuando se quería enseñar a los estudiantes cómo usar esas máquinas. De esta forma, Neil Gershenfeld, profesor del MIT e iniciador de los *Fab Labs*, desarrolla una clase titulada *How to make (almost) anything* (traducido al español, “Cómo hacer (prácticamente) todo”), destinada en un primer momento para algunos estudiantes de investigación (16).



Ilustración 10. Neil Gershenfeld, iniciador de los *Fab Labs* (Fuente: Forbes)

How to make (almost) anything tenía un carácter más práctico que teórico, lo que la diferenciaba de cualquier otro tipo de clase convencional. Esto consiguió que cada vez más alumnos se interesasen por ella. Los estudiantes habían adquirido a lo largo del año muchos

conocimientos teóricos, pero fallaba la parte técnica. Año tras año, los alumnos fueron demostrando, con cada uno de sus proyectos individuales, que las aplicaciones definitivas de la fabricación personal eran productos para el mercado de una persona; “no necesitas esto para lo que puedes encontrar en tiendas *Wal-Mart*; necesitas esto para lo que te hace único” (Gershenfeld) (16).

Después de toda esta experiencia, se llega a un acuerdo con la NSF. No se le hablaría a la gente sobre el término de fabricación digital, sino que se le daría las herramientas. De esta forma nacen los Fab Labs. Esto ayudó en numerosas partes del mundo a que la gente descubriese de primera mano el concepto de fabricación digital.

2.3. Cultura *maker*

El movimiento *maker* es, actualmente, una filosofía y dista mucho de ser una moda pasajera. Es una realidad que se ha extendido en la última década alrededor de todo el mundo. Consiste en crear objetos de forma artesanal y utilizando también tecnologías como la impresión 3D, la robótica, el corte por láser o fresadoras. Las herramientas son muy variadas. También conocida como la tercera revolución industrial, ésta viene precedida por el conocido “*Do It Yourself*” o DIY (en castellano, “hazlo tú mismo”) de los años 70, pero con tecnología”, según David Cuartielles (20)(30).

El uso de estas tecnologías permite hacer casi cualquier geometría con tecnologías de bajo coste y con un alto grado de personalización. Es decir, cualquier persona podría fabricarse una carcasa única y exclusiva para su teléfono móvil, añadirle su nombre, una figura o cualquier detalle que se le pudiese ocurrir. Esta flexibilidad en los procesos de fabricación resulta de gran interés para personas de todo el mundo, que acuden a diario a laboratorios de fabricación digital a realizar sus propios proyectos.

Además, en los espacios *maker* se realizan estudios de especialización en fabricación digital, talleres, espacios de *coworking* y otro tipo de servicios que sirven de reclamo a un mayor número de personas con el paso del tiempo.

También, un espacio *maker*, puede verse como un hobby o como una oportunidad de negocio, aunque en ocasiones hay enfrentamientos entre ambos puntos de vista, que, según

expertos, se pretende solucionar este problema mediante educación: dotar a las personas de formación dentro del movimiento *maker*.

Estos nuevos modelos de aprendizaje cada vez son más llamativos para las universidades, que poco a poco van invirtiendo en este tipo de infraestructuras debido al amplio crecimiento de la cultura *maker* y la demanda por parte de los alumnos, que piden cada vez más las tecnologías de fabricación rápida. Decía Juan Freire (2016), fundador de “XTribe”, una empresa que espera dotar de formación a todos los seguidores del movimiento *maker*, que “los alumnos buscan nuevas formas de aprender: experimentando, probando cosas, practicando” (24).

Mediante este nuevo movimiento, se quiere erradicar los prejuicios como “ser de ciencias” o “ser de letras”. Se pretende realizar una gran transferencia de conocimiento utilizando las herramientas en red que se disponen. Esto proporciona una mejora en los procesos de I+D, puesto que los laboratorios son capaces de acelerar la capacidad de desarrollar una amplia variedad de proyectos debido a la amplia información y conocimiento del que se dispone o tiene a su alcance.

Poder desarrollar trabajos propios no quiere decir que estos no deban ser compartidos. Es decir, lo que se pretende es que los progresos que se alcanzan dentro de los espacios *maker* estén al alcance de todos, sin tener que compartir tu trabajo explícitamente.

Gracias a las herramientas en línea, la cultura *maker* permite no solo la creación de equipos multidisciplinares, sino de equipos multinacionales. Los puntos de encuentro pueden producirse mediante internet, permitiendo que un grupo de personas divididas en diferentes partes del mundo sean capaces de reunirse y sacar adelante un proyecto (30). Estos espacios se están extendiendo en entidades como museos e incluso bibliotecas de proximidad de pequeñas ciudades y pueblos (ver artículo en Anexo A).

Esta filosofía que sigue el movimiento *maker* no dista mucho de la que siguen los *Fab Labs*. Realmente se podría decir que es la misma, pues si se tuviera que diferenciar en algo es en la jerarquía que siguen los laboratorios nacidos del proyecto de Neil Gershenfeld, “Cómo hacer (casi) cualquier cosa”.

Los espacios *maker* son lugares muy parecidos a un *Fab Lab*, pero no obstante no pertenecen a una red global de laboratorios con conocimiento compartido, sino que son independientes. Además, estos espacios no requieren un nivel de equipamiento mínimo ni unas tecnologías que sean exigidas para ser un laboratorio certificado.

2.4. *Fab Foundation*

La *Fab Foundation* se trata de una organización formada en 2009 con la idea de facilitar y apoyar el crecimiento de la red internacional de *Fab Labs* así como el desarrollo de organizaciones regionales que desarrollen las capacidades relacionadas con la fabricación digital (5).



Ilustración 11. Identificador visual de la Fab Foundation (Fuente: Fab Foundation)

Se trata de una organización de origen estadounidense y sin ánimo de lucro cuya misión es proporcionar acceso a las herramientas, el conocimiento y los medios financieros para educar, innovar e inventar usando tecnología y la fabricación digital para permitir que cualquier persona haga (casi) cualquier cosa, como se comentaba en apartados anteriores. Los principales beneficiarios de la *Fab Foundation* son las organizaciones comunitarias, las organizaciones sin ánimo de lucro y las instituciones educativas.

Los programas que oferta la fundación se centran en tres grupos:

- Educación
- Desarrollo de capacidades en organización y servicios
- Oportunidades de negocio

Como objeto de este trabajo, se centrará el estudio en el grupo de Educación. Este grupo, se desglosa en dos programas, conocidos como *Fab Education* y *Fab Academy*. Por un lado, el primero de ellos incorpora herramientas y procesos de fabricación digital a personas de todas las edades, enseña las habilidades y conocimientos relacionados con la fabricación digital, desarrolla planes de estudios para entornos educativos y ofrece programas de capacitación profesional para profesores, directores de los *Fab Labs* y otros profesionales.

Por otro lado, *Fab Academy* es un modelo educativo que proporciona una experiencia única. Cada *Fab Lab* que participa en el programa *Fab Academy*, pertenece a su vez a la red global de *Fab Labs*. Los estudiantes participan en conferencias globales transmitidas semanalmente, las cuales quedan registradas para el acceso de los alumnos a las mismas durante todo el semestre. Además, se disponen de tres días semanales de laboratorio donde los estudiantes tienen acceso a los equipos de fabricación digital y ayuda personal con sus proyectos. Los docentes de *Fab Academy* son siempre personas cualificadas y líderes en sus respectivos campos. Ellos se encargarán de realizar las videoconferencias y supervisar el contenido académico y las guías de investigación (6).

2.5. ¿Qué califica a un *Fab Lab*?

Al tratarse de una red abierta, la propia fundación “*Fab Foundation*” tiene recogidas las cualidades que debe cumplir un laboratorio para poder ser considerado como *Fab Lab*.

Para empezar, se considera esencial disponer de acceso público al espacio y a las herramientas que en él se encuentran. Un *Fab Lab* debe estar abierto al público de manera gratuita o en forma de servicio, al menos una parte del tiempo cada semana.

También, los *Fab Labs* deben tener determinados conjuntos de herramientas y procesos en común. La idea de estos espacios no consiste en el mero hecho de realizar un prototipo propio, o imprimir un archivo en 3D, sino la de compartir conocimiento y diseño entre los propios laboratorios. La filosofía que sigue es tal que, si se realiza un diseño en Canarias y se envía toda la documentación y archivos a una persona que se encuentre en otro *Fab Lab* en cualquier parte del mundo, esa persona deberá ser capaz de reproducir el diseño en las mismas condiciones.

2.6. Carta *Fab Lab* y nivel de equipamiento

La carta *Fab Lab* es un documento que recoge los principales valores que diferencian a estos espacios. En estas líneas queda bien sintetizada la filosofía de los laboratorios, recogida por la *Fab Foundation*.

- Misión

Los *Fab Labs* son una red global de laboratorios que estimulan la capacidad de diseño, investigación, desarrollo e innovación, proporcionando acceso a herramientas para la fabricación digital.

- Acceso

Puedes usar el *Fab Lab* para hacer casi cualquier cosa (que no haga daño a nadie). Debes aprender a hacerlo por ti mismo, y debes compartir el uso del laboratorio con otros usos y con otros usuarios.

- Responsabilidad

Eres responsable de:

- *Seguridad*: saber cómo trabajar sin hacer daño a otras personas ni a las máquinas
- *Limpieza*: dejar el *Fab Lab* más limpio que como lo encontraste.
- *Funcionamiento del laboratorio*: ayudar en el mantenimiento, reparación e información sobre herramientas, materiales e incidentes.

- Aportación

Asistencia operativa, técnica, educativa, financiera y logística, además de todo lo que ya pueda ofrecer un laboratorio.

- Secreto

Los diseños y los procesos que se desarrollan en los *Fab Lab* deben quedar accesibles para el uso individual, aunque su propiedad intelectual puede ser protegida según la elección de cada cual.

- Negocio

Las actividades comerciales pueden ser incubadas en los *Fab Labs* pero no tienen que entrar en conflicto con el acceso abierto; deberían crecer más allá de los laboratorios, más que dentro de ellos; y se espera que beneficien a los inventores, los laboratorios y las redes que contribuyan a su éxito.

Tabla 1. The *Fab Lab Charter* (Fuente: *Fab Foundation*)

Asimismo, aparte de los valores recogidos en la *Fab Lab Charter*, la *Fab Lab Foundation* requiere un mínimo de equipamiento para poder ser reconocido el espacio como *Fab Lab* dentro de la Red. Estos equipos pueden tabularse de la siguiente manera, según se agrupan en la *Fab Foundation*.

Máquinas substractivas controladas por ordenador
<ul style="list-style-type: none"> - Cortadora Láser - Cortadora de vinilo - Fresadora de precisión de sobremesa - Fresadora router CNC de largo formato (opcional)
Máquinas aditivas controladas por ordenador
<ul style="list-style-type: none"> - Impresora 3D
Electrónica
<ul style="list-style-type: none"> - Espacio de trabajo para componentes electrónicos

Tabla 2. Nivel de equipamiento básico para pertenecer a la red global de Fab Labs.

Fab Foundation tiene publicado en su web, disponible para cualquier usuario, una tabla Excel que recoge el equipamiento tanto de hardware como de material, a modo inventario y así pueda servir como referencia para las personas que se encuentren en proceso de montar un *Fab Lab*. A este documento, la fundación lo ha denominado como *Fab Lab Inventory*. Se podrá encontrar una relación de diferentes máquinas correspondientes a las tecnologías que se encuentran dentro de estos laboratorios, así como materiales consumibles, dispositivos extras para los equipos e incluso una selección de libros.

2.7. *Fab Lab* ideal

El portal de *Fab Foundation* tiene disponible para cualquier usuario una serie de gráficos y planos que muestran como sería la organización ideal de un *Fab Lab*. En este caso los espacios de trabajo son muy grandes, pero en la realidad es muy difícil disponer de superficies tan espaciosas. Los laboratorios suelen adaptar los espacios que tienen al servicio que ofrecen, por lo que el funcionamiento será el mismo, pero en zonas de trabajo más reducidas.

Por ejemplo, para la zona de impresión 3D, muestran un espacio de 18 metros cuadrados, equipado únicamente con un equipo informático con acceso a internet y una

impresora y escáner 3D, sobre una mesa de trabajo, una estantería para el almacenamiento de materiales, y un expositor para los trabajos de los propios usuarios.

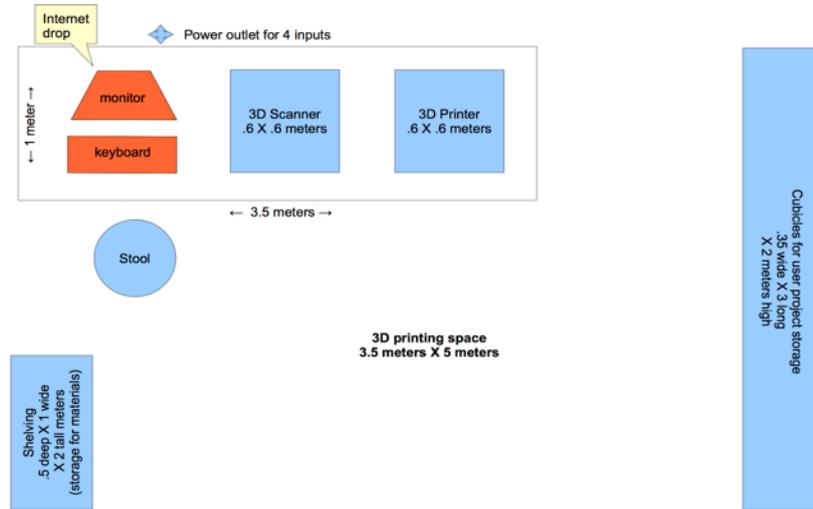


Ilustración 12. Área de impresión 3D en un Fab Lab ideal (Fuente: Fab Foundation)

Esta área para impresión 3D sería una pequeña superficie del Fab Lab completo, que muestran como lo ideal una superficie de 360 metros cuadrados, divididas en espacios para cada actividad: corte láser, corte router CNC, área de electrónica, aula de impresión 3D, zona de conferencias, y otros espacios de trabajos manuales con expositores para trabajos producidos dentro del laboratorio.

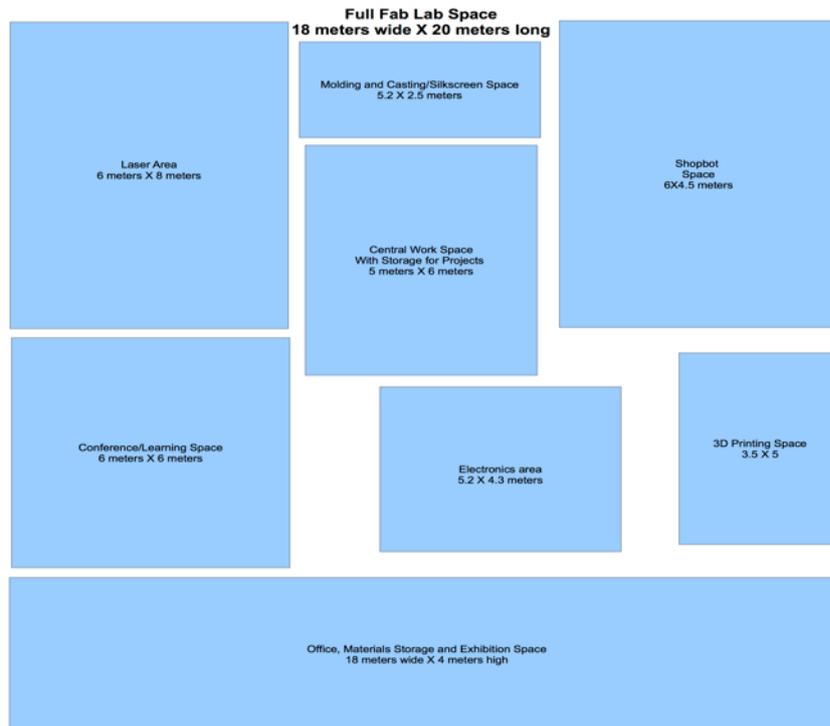


Ilustración 13. Diferentes áreas de trabajo para un Fab Lab ideal (Fuente: Fab Foundation)

El caso que más se ajusta a las distribuciones mostradas por el *Fab Lab* Ideal se encuentran en el *Fab Lab* de Chicago, en el Museo de las Ciencias y la Industria. El espacio está separado para cada una de las operaciones que se realicen, con espacio para conferencias y ya habilitado para impartir clases también. El plano del laboratorio es el siguiente:

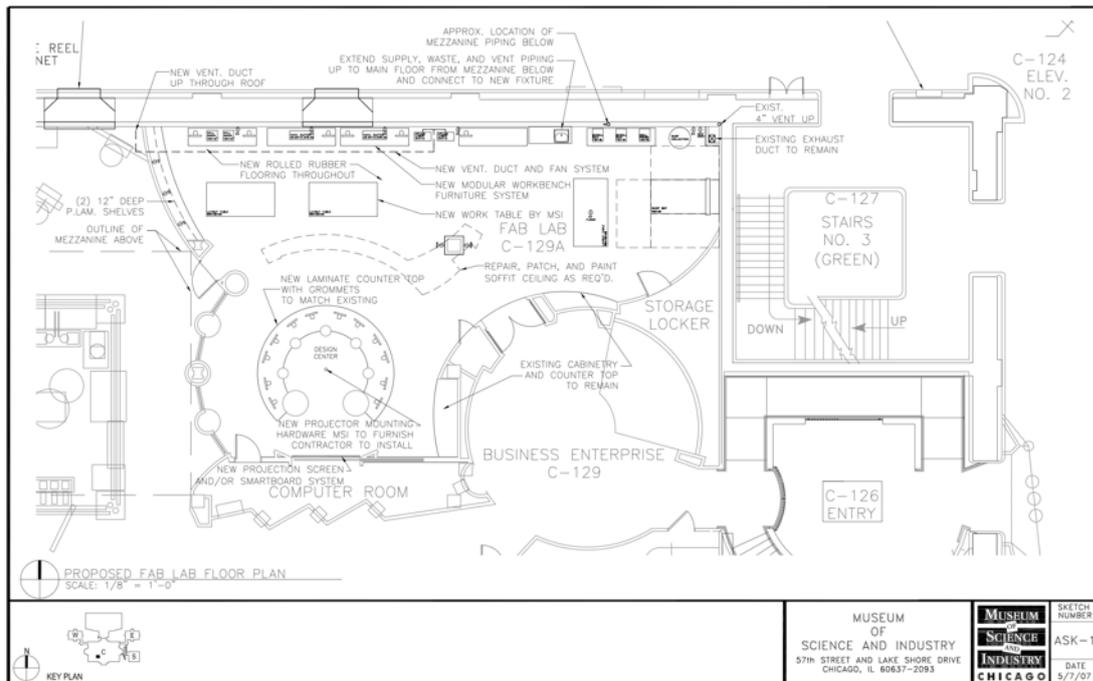


Ilustración 14. Plano del Fab Lab Chicago (Fuente: Fab Foundation)

2.8. Mini Fab Lab

Un ejemplo claro de que no se necesitan grandes espacios para poder implantar un *Fab Lab* son los denominados *Mini Fab Lab*. A continuación se describe uno situado en el garaje de una casa particular en un pueblo de Holanda. Además de usarse para guardar el coche, se ha aprovechado el espacio al máximo para equipar, por los laterales, el recinto de 18 metros cuadrados de superficie. Todos los equipos disponibles están colocados sobre cajoneras móviles mediante un sistema de ruedas.



Ilustración 15. Mini Fab Lab, pueblo de Utrecht, Holanda (Fuente: minifablab.nl)

El espacio, que cumple los requisitos para pertenecer a la red global de Fab Labs, está equipado con una cortadora láser, una cortadora de vinilo, una impresora 3D con tecnología FFF, y una fresadora de sobremesa, además de diferentes máquinas manuales y un espacio de trabajo bastante amplio.



Ilustración 16. Organización del Mini Fab Lab dentro del garaje (Fuente: minifablab.nl)

2.9. Fab Lab Móvil

El *Fab Lab* móvil es un espacio de diseño y mecanizado controlado por ordenador que está ubicado en el remolque de un camión. El primero fue construido en agosto de 2007 por

el CBA en el MIT. El *Fab Lab* dispone de las mismas máquinas de fabricación controladas por ordenador que se encuentran en el resto de *Fab Labs* del mundo. El remolque dispone de unas dimensiones de 10 metros de largo, 3 metros de ancho y 2 metros de alto, con un suministro eléctrico a 240 V y potencia máxima instalada de 10 kW.



Ilustración 17. The Fab Lab Mobile (Fuente: Fab Foundation)



Ilustración 18. The Fab Lab Mobile (Fuente: America.pink)

Guiados por las ideas del *Fab Lab* móvil y los *Mini Fab Lab*, comentados en los apartados anteriores, se han lanzado iniciativas como el proyecto FABSLADDA. Consiste básicamente en transportar los equipos del propio *Mini Fab Lab* en bicicleta mediante un remolque SLADDA, que provee la empresa IKEA, y del que nace su nombre (FAB + SLADDA).

Esta iniciativa pretende llevar a escuelas, bibliotecas o cualquier otro lugar las tecnologías de fabricación digital que se encuentran dentro de los *Fab Labs*. Las condiciones que se había planteado Bart Bakker, impulsor de este proyecto y dueño del Mini *Fab Lab* descrito, eran las siguientes:

- a. Debe ser capaz de transportarse al completo las tecnologías del Fab Lab: cortadora láser, cortadora de vinilo, impresora 3D y un espacio de trabajo dedicado a componentes electrónicos. Será opcional el traslado de la fresadora CNC.
- b. Disponer de dimensiones capaces de pasar a través de cualquier puerta de tamaño estándar (aproximadamente 800 mm), en escuelas, hospitales, bibliotecas, centros comunitarios, eventos o en cualquier otro lugar al que se pueda mover FABSLADDA.
- c. Debe poder transportarse mediante una bicicleta y, al mismo tiempo, en la parte posterior de un coche.
- d. El despliegue de los equipos debe ser rápido, alrededor de diez minutos.
- e. Mantener la filosofía de la red global de *Fab Labs*.



Ilustración 19. Bart Bakker junto a su FABSLADDA (Fuente: minifablab.nl)



Ilustración 20. Despliegue del FABSLADDA (Fuente: minifablab.nl)

El FABSLADDA, además de ser un *Fab Lab*, fue desarrollado dentro de otro *Fab Lab*. En concreto, los prototipos realizados para visualizar y diseñar cómo sería el transporte de los equipos, desarrollados mediante el uso de la cortadora láser y la impresora 3D, donde se llevaron a cabo una serie de piezas a escala simulando este *Fab Lab* móvil. Tanto los prototipos como el objeto final se han hecho dentro del laboratorio, salvo el remolque que es un producto comprado.



Ilustración 21. Prototipo del FABSLADDA (Fuente: minifablab.nl)

2.10. Aplicaciones

Dentro de un *Fab Lab* se pueden desarrollar innumerables proyectos pertenecientes a diferentes campos, ya sea de cualquier ingeniería, medicina, arqueología, arquitectura o incluso el mundo de la moda. Se llega con esto a la conclusión de que el abanico de posibilidades que ofrecen estos espacios son bastante amplios, y no se cierran a ningún campo. Se describe a continuación algunos ejemplos de estas aplicaciones.

Exovite: La férula que se imprime en 3D

Exovite es el nombre que recibe una férula impresa en 3D y que pretende eliminar la escayola y mejorar el proceso de recuperación, pues la férula a su vez lleva incorporado un electroestimulador de baja frecuencia que permite al médico dirigir el tratamiento y al paciente seguirlo con la máxima comodidad (7).

Este proyecto pretende digitalizar la extremidad del cuerpo que necesite ser inmovilizada mediante un escáner 3D (ingeniería inversa), que luego permitirá imprimir la férula para el uso del propio paciente.



Ilustración 22. El CRO de Exovite, Lucas Pedrajas, y el CEO, Juan Monzón, con su sistema (Fuente: Versión Digital Periódico El Mundo)

Impresión 3D aplicada a la arquitectura

Dentro del sector de la arquitectura, los modelos CAD en 2D, en 3D e incluso renderizados fotorrealísticos han sido herramientas de gran utilidad para facilitar tanto a empresas como clientes una visualización de los diseños arquitectónicos que se muestran.

Con la llegada de las nuevas tecnologías, el movimiento *maker*, y el bajo coste que implica imprimir piezas en 3D, este sector se ha visto en la necesidad de renovarse, incluyendo maquetas en 3D de los proyectos, con la intención de mejorar aún más la experiencia a la hora de presentar cualquier proyecto.

Este tipo de maquetas se podían conseguir mediante operaciones manuales, usando materiales como maderas o plásticos, y realizando todo a mano. Además, con los procesos de antes hay que tener en cuenta el tiempo que podía durar finalizar una maqueta, que a su vez variaba en función de la habilidad de la persona que la hiciera. De esta nueva forma, el modelo CAD real se puede mandar a imprimir y tener una réplica fiel y a escala del proyecto en cuestión (8).

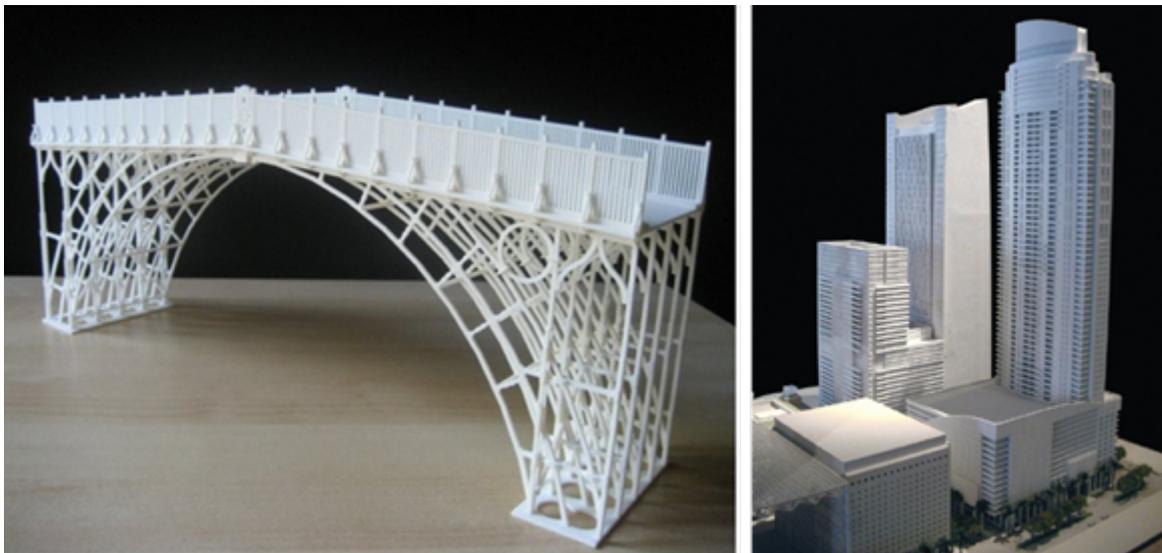


Ilustración 23. Maquetas de proyectos arquitectónicos (Fuente: sicnova3d.com)

In³: Una incubadora de bajo coste para países del tercer mundo

Este proyecto nace, precisamente, dentro del *Fab Lab* CEU San Pablo de Madrid. Ganador del premio “*Best Medical Project*” de los *Global Fab Awards* en el año 2015, Alejandro Escario, su autor, diseñó una incubadora para países del tercer mundo (9).

Normalmente, las incubadoras usadas en países desarrollados pueden oscilar entre 5.000 y 50.000 euros, además de los altos costes que implica el mantenimiento y reparación. No obstante, el diseño y construcción de esta incubadora, tiene un gasto de aproximadamente 300 euros.

Este es un ejemplo de cómo un trabajo que nace y se desarrolla por completo dentro de un *Fab Lab*, puede solucionar un problema real, permitiendo a países subdesarrollados obtener este tipo de incubadoras para evitar el número de muertes de neonatos prematuros (ver hoja del proyecto en Anexo B).



Ilustración 24. Covadonga Lorenzo, coordinadora del Fab Lab CEU, y Alejandro Escario, autor del proyecto (Fuente: ingenieriabiomedica.org)

CAPÍTULO 3.

OBJETO DEL PROYECTO

Capítulo 3: Objeto del trabajo

1. Análisis de información

En este apartado se abordará un estudio de carácter informativo, partiendo del análisis de otros *Fab Labs* tanto a nivel nacional como internacional, para observar las tecnologías de las que disponen y el modelo de gestión por el que se organizan. De esta manera, se comprobará el funcionamiento de otros *Fab Labs* similares, el espacio disponible, maquinaria y otros equipos alternativos para el desarrollo de trabajos, etcétera.

Se prestará especial interés a los espacios vinculados con el entorno académico universitario, se analizará el servicio que ofrecen tanto dentro como fuera de la comunidad universitaria y se destacarán los modelos de gestión con el propósito de extraer puntos de interés para el *Fab Lab* que se va a proponer para la EIIC de la ULPGC.

2. *Fab Labs* universitarios

En España hay actualmente 27 *Fab Labs* que se encuentran registrados en la base de datos de la *Fab Foundation*. Aproximadamente, la mitad de ellos están vinculados a universidades tanto públicas como privadas. Los *Fab Labs* analizados son los que se indican a continuación:

- *Fab Lab* DEUSTO (Universidad de DEUSTO)
- *Fab Lab* Alicante (Universidad de Alicante)
- *Fab Lab* Barcelona (Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña)
- *Fab Lab* Sevilla (Universidad de Sevilla)
- *Fab Lab* Terrassa (Universidad Politécnica de Cataluña)
- *Fab Lab* UE (Universidad Europea de Madrid)
- *Fab Lab* ETSIDI (Universidad Politécnica de Madrid)
- *Fab Lab* Colaboratorio UPM (Universidad Politécnica de Madrid)
- *Fab Lab* ULL (Universidad de La Laguna)

La información encontrada de estos *Fab Labs* universitarios se ha estructurado y sintetizado en una sencilla ficha en forma de tabla con el equipamiento que disponen organizados según los siguientes acrónimos.

LEYENDA

- **FCNC:** Fresadora CNC
- **I3D:** Impresora 3D
- **E3D:** Escáner 3D
- **CLS:** Cortadora Láser
- **CVN:** Cortadora de Vinilo

2.1. *Fab Lab* ETSIDI

El *Fab Lab* ETSIDI (Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial) es un laboratorio asociado a la Universidad Politécnica de Madrid. Se trata de un espacio relativamente nuevo, que comenzó a trabajar en el año 2015 y, actualmente, se encuentra en fase de crecimiento. No aparece en el mapa de *Fab Labs* de la fablabs.io, puesto que la maquinaria de la que disponen no es la suficiente para cumplir la normativa exigida por la red de *Fab Labs* (10).

FCNC	Fresadora CNC Monofab SRM 20	Fresadora CNC Bravo Prodigy BE3030
		
I3D	Impresora 3D Prusa i3 Hephestos	
		
CLS	Cortadora laser Gesmain CO2 3050	
		

Es un proyecto dirigido por una asociación sin ánimo de lucro y gestionado por miembros de la comunidad universitaria. Con asiduidad, se organizan cursos de capacitación para las diferentes máquinas de las que disponen. Estos cursos son impartidos por técnicos especialistas de las empresas fabricantes de los distintos equipos, por lo que, aparte de adquirir los conocimientos para la manipulación de los mismos, proporcionan un certificado oficial de asistencia y formación firmado por la empresa distribuidora y por el *Fab Lab* ETSIDI. La reserva de plazas para los cursos de capacitación se efectúa mediante correo electrónico.

Dentro de la filosofía del *Fab Lab* ETSIDI, uno de los pilares es la accesibilidad; por consiguiente, no es necesario pertenecer a la escuela o ser afiliado del laboratorio para poder

hacer uso del mismo. A pesar de pertenecer a las instalaciones de la UPM, cualquier persona puede acceder y beneficiarse del *Fab Lab* sin tener que asociarse ni pagar cuotas mensuales. Basta con abonar el coste por tiempo operativo de la máquina y el gasto de material.

Hasta ahora, el *Fab Lab* se utiliza para el desarrollo de trabajos de fin de grado, trabajos de fin de máster, proyectos de distintas asignaturas y trabajos propios. Los voluntarios y colaboradores con experiencia y formación certificada en los equipos recogen los archivos de los usuarios y ayudan a su fabricación.

El precio de utilización de las distintas máquinas es el siguiente:

- Impresión 3D:

Precio estudiante:	Precio externo:
* 3€ Primera hora	* 6€ Primera hora
* 1,5€ Resto del tiempo	* 3€ Resto del tiempo

- Corte y/o Grabado Láser:

Precio estudiante:	Precio externo:
* 5€ Primera hora	* 10€ Primera hora
* Coste mínimo 2€	* Coste mínimo 4€

- Corte y/o Grabado Fresadora:

Precio estudiante:	Precio externo:
* 8€ Primera hora	* 16€ Primera hora

Además de las máquinas que se exponen en la tabla principal, disponen de otra gama de equipos (una lijadora, una ingletadora, un aspirador o un multi-drill) para hacer otro tipo de operaciones de carácter manual y que amplían el abanico de posibilidades que ofrece el *Fab Lab*.

2.2. Fab Lab Colaboratorio UPM

El *Fab Lab* UPM está inscrito dentro de la Red Global de *Fab Labs*. Forma parte del Taller de Fabricación Digital del CIESPC (Centro Internacional de Estudios de Patrimonio Cultural) y está situado en el Campus de Montegancedo. El laboratorio surge como iniciativa de la Unidad 15 de la ETSAM (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid) y está ligado a las asignaturas de Colaboratorio, con el fin de mejorar el conocimiento de la Fabricación Digital (23).

FCNC	Fresadora 2D ALARSIS FH250M	Roland Modela MDX-20	Roland iModela IM-01
			
I3D	Makerbot Replicator		
			
CLS	LaserPro SPIRIT GLS-80W		
			
CVN	Roland CAMM-1 SERVO GX24		
			

El *Fab Lab* vinculado a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) permite dos opciones a la hora de emplear las herramientas que tienen disponibles. La primera de ellas consiste en pagar por horas el funcionamiento de las máquinas al realizar el encargo. De esta forma, se envía el archivo que se quiera realizar vía correo electrónico y se obtiene una respuesta por parte del laboratorio, indicando una valoración del tiempo y precio, y en aplicación de las tarifas vigentes. Una vez recibido el correo y aprobados los presupuestos se

procede a la fabricación. El pago por horas tiene como ventaja principal que el usuario no ha de preocuparse por el manejo de las máquinas ni aprender su funcionamiento, pues es el encargado quien realiza las piezas.

La segunda consiste en el pago de una suscripción. Es una opción mucho más barata que la anterior, pero para poder acceder a ella se necesita haber realizado, previamente, un curso de capacitación en las instalaciones. Mediante esta solución, el usuario tiene acceso a 10 horas al mes para el uso de las máquinas del *Fab Lab* UPM y autogestiona su trabajo de comienzo a fin. Así mismo, el usuario tiene que ayudar a mantener las instalaciones en correcto estado de mantenimiento y limpieza, es decir, dejar todo igual o mejor a como se lo encontró al comienzo de su uso.

Las suscripciones incluyen el uso de las máquinas durante 10 horas al mes. Estas son operadas por el propio suscriptor, que ha de realizar un **curso de capacitación** con un coste de **20 euros por máquina**. La suscripción se puede usar compartida con tres personas como máximo, siempre que las personas que usen la máquina hayan superado el curso de capacitación.

Los trabajos realizados bajo suscripción no tienen carácter comercial y quedan registrados y compartidos con el resto de usuarios, como estipula la *Fab Lab Charter*, aunque la propiedad intelectual pertenecerá al autor correspondiente. **Para un uso comercial** y para no compartir los archivos de trabajo, se deberá contratar el servicio por horas para cada trabajo.

Este *Fab Lab* se encuentra actualmente en desuso, funcionando desde 2015 el *Fab Lab* ETSIDI, de los dos laboratorios asociados a la UPM de estas características.

Suscripción 1 mes:	UPM (100€)	–	Externos (150€)
Corte láser/hora:	UPM (25€)	–	Externos (30€)
Corte láser online/hora:	UPM (15€)	–	Externos (20€)
Fresa gran formato/hora:	UPM (40€)	–	Externos (50€)
Prototipado 3D primera hora:	UPM (15€)	–	Externos (20€)
Prototipado 3D horas siguientes:	UPM (5€)	–	Externos (7€)
Fresa-Scanner desktop/hora:	UPM (25€)	–	Externos (30€)
Cortadora de vinilo/hora:	UPM (20€)	–	Externos (25€)

2.3. *Fab Lab* Deusto

El *Fab Lab* Deusto es un centro de creatividad, innovación y desarrollo para el diseño de nuevos productos, servicios y experiencias, que depende de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto y que está estrechamente vinculado al **Grado en Ingeniería en Diseño Industrial** (32).

FCNC	TEC-CAM 1103 S-6.0	Roland MDX-40A	Fresadora PCB: E33
			
I3D	Projet 660PRO	Form1+	Rep-Rap 3.0
			
	PRUSA i3	M3D	
			
E3D	Makerbot Digitizer	Sense 3D	
			
CLS	Epilog Fusion32 – 75W		
			

Una de las funciones principales del *Fab Lab* Deusto es dar soporte a los estudiantes para el desarrollo de sus proyectos académicos. Pero, además, es un espacio abierto a toda la

comunidad universitaria de la Universidad de Deusto y a toda la sociedad en general. Ha desarrollado un ecosistema de innovación formado por personas, ideas, proyectos, productos y emociones, vinculados todos ellos tanto con el mundo de lo tangible como de lo intangible.

De acuerdo a un sistema establecido de reservas, los usuarios del Deusto Fab Lab son:

- Estudiantes del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial, para desarrollar sus proyectos académicos.
- Estudiantes de otros títulos y resto de la comunidad de la Universidad de Deusto, para el desarrollo de proyectos relacionados con la actividad universitaria.
- Sociedad en general, para que cualquier ciudadano pueda fabricar durante el *Open Day* sus propios objetos: juguetes, muebles, complementos, adornos...
- *Makers*, estudios de diseño y de arquitectura y otros profesionales del diseño, que deseen desarrollar sus proyectos con las tecnologías y servicios que ofrece el *Fab Lab*, aportando valor añadido a sus proyectos.
- Empresas y entidades que desean patrocinar las actividades del Fab Lab en un contexto de mecenazgo.

2.4. *Fab Lab Sevilla*

Desde agosto de 2011, el Taller de Fabricación Digital de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla (*Fab Lab Sevilla*) forma parte de la red internacional *Fab Lab Network*, promovida por el *Center for Bits and Atoms* del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

FCNC	Roland Modela MDX-20	Fresadora ALARSIS 180	Fresadora Sistema TEC-CAM 3103
			
I3D	Impresora 3D ALARIS 30		
			
CLS	Cortadora Láser LEE 60W	Cortadora Láser PC 13/90	
			
CVN	Cortadora de vinilo MUTOH		
			

En relación al uso y gestión del *Fab Lab Sevilla*, el objetivo es tanto ofrecer a los usuarios unas condiciones de trabajo seguras, como inculcar el conocimiento y respeto a los principios y procesos de fabricación digital como preparación para su vida profesional o académica. Por otro lado, sus normas permitirán al usuario desarrollar sus tareas de fabricación de manera eficiente, gracias al entendimiento general de sus derechos y obligaciones dentro del *Fab Lab* (ver normas de uso y gestión del *Fab Lab Sevilla* en Anexo C).

Podrá hacer uso preferente de las instalaciones toda persona vinculada a la universidad: estudiante, profesores, PAS y PDI. No se permitirá su uso para fines comerciales y/o profesionales sin el previo consentimiento de los responsables del *Fab Lab*. En estos casos, su uso se regulará mediante condiciones y normas previamente pactadas con la dirección.

El “usuario” es toda aquella persona autorizada mediante un curso de formación y con derecho a uso de la maquinaria operada por control numérico dentro de un tiempo determinado, previamente reservada según condiciones de gestión y cobro. El “operario” es la persona responsable de las instalaciones y el único autorizado para operar con las máquinas. Cuando surge un problema técnico o duda sobre el uso del *Fab Lab*, el usuario seguirá las instrucciones del operario.

El horario de trabajo disponible para el uso del laboratorio será de lunes a viernes desde las 10:00 hasta las 13:00, con los precios siguientes:

Corte láser (60W)/hora:	US (12 €)	–	Externos (75 €)
Corte láser (130W)/hora:	US (22 €)	–	Externos (75 €)
Fresadora/hora:	US (20 €)	–	Externos (78 €)
Impresora 3D/gramo:	US (0,30 €)	–	Externos (1,50 €)

2.5. Fab Lab Barcelona

El *Fab Lab* Barcelona es un centro de producción e investigación en tecnologías avanzadas de fabricación digital, y sus aplicaciones en ámbitos del diseño, la arquitectura, la computación física y la sostenibilidad para la intervención en la realidad física y digital. Ubicado en el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC), en la ciudad de Barcelona, el *Fab Lab* sirve como plataforma tecnológica para diferentes programas educativos y de investigación que impulsa el IAAC, conjuntamente con otras instituciones a nivel mundial, como el *Centre of Bits y Atoms* del *Massachusetts Institute of Technology* (31).

FCNC	MultiCAM 2000	Precix 11100 Series	Fresadora 3 ejes ShopBot
			
	Roland Monofab SRM 20		
			
I3D	Formlabs	Zcorp Z510	Makerbot Replicator
			
CLS	Epilog XT Legend 36 75W	Trotec Speedy 100	Trotec Speedy 400
			
CVN	GX-24 Camm Servo		
			

Dentro del *Fab Lab* Barcelona se aplican tecnologías avanzadas de producción y fabricación en proyectos de investigación y desarrollo; además, ofrece programas educativos propios que permitan a estudiantes, profesionales y público en general, obtener instrucción en el uso y aplicación de la fabricación digital a nivel local. El *Fab Lab* Barcelona quiere convertirse en un centro de fabricación local, donde el usuario o consumidor pueda ser productor de sus propios diseños y objetos.

Dispone de una lista de precios para el uso de máquinas, así como precios en relación a la asistencia técnica que se ofrece, y no diferencian precios entre la comunidad IAAC y usuarios externos. No disponen de cursos de capacitación para el uso y manejo de las máquinas, sino que será el personal quien se encargue de su manipulación (*participación indirecta*).

Asistencia Técnica

Modelado 3D y preparación de archivos para producción:	35 €/hora
Impresión 3D post proceso de separación de la base y limpiado:	20 €/Ud.

Epilog Legend 36EXT/hora:	40 €	+IVA
Precix y ShopBot PRS Alpha/hora:	70 €	+IVA
Zcorp 450/cm³:	1,20 €	+IVA
Multicam 2000 (400W)/hora:	60 €	+IVA
Makerbot Replicator 2/cm³:	0,60 €	+IVA
Formlabs/gramo:	1 €	+IVA

2.6. Fab Lab UEM

El *Fab Lab* nace en la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño perteneciente a la Universidad Europea de Madrid. Este laboratorio tiene una única finalidad: el aprendizaje. La Universidad cuenta con una red de talleres colaboradores para la realización de trabajos de carácter artesanal, robótico, electrónico, mecánico y gráfico.

FCNC	TEC-CAM 12/80		
			
I3D	Impresora 3D Prusa I3	Makerbot Z18	Replicator 2 Makerbot
			
	Witbox BQ	Projet 160 3D Systems	CubePRO 3D Systems
			
	Projet 1000 3D Systems		
			
CLS	Laser Systems VLS6.60		
			

CVN	Silhouette Cameo		
			

Para acceder al espacio *Fab Lab* de la Universidad Europea de Madrid (UEM) se debe ser estudiante de Ingeniería, Arquitectura o Diseño de la Universidad Europea. Se pueden realizar encargos 3D en horario de apertura. Para ello, es indispensable que las instrucciones de uso de cada máquina se hayan leído, puesto que los formatos son muy específicos. También se pueden encontrar las instrucciones en las máquinas. Para un uso cualquiera de las mismas, es necesario pedir cita previa llamando por teléfono o a través del sistema de reservas online. Solo se permitirá la forma de pago mediante el carné universitario.

2.7. *Fab Lab* Alicante

Fab Lab Alicante es un laboratorio de investigación en fabricación digital del Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía de la Universidad de Alicante. Es una iniciativa del Área de Conocimiento de Proyectos Arquitectónicos de la titulación de Arquitectura, perteneciente a la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante (27).

FCNC	Fresadora FCN 100 II	Roland iModela IM-01
		
I3D	Impresora 3D Prusa I3	
		
CLS	Corte Láser PC 10/80 KII	
		
CVN	Silhouette Cameo	
		

Los pagos se realizan mediante tarjeta en el laboratorio, al recoger el trabajo o antes, a través de transferencia bancaria. En casos de trabajos que requieran de mucho tiempo y/o material (presupuestos superiores a 100 €), se abonará el 25% del presupuesto por adelantado, ya sea mediante transferencia bancaria o con pago con tarjeta en el laboratorio. Las tarifas aprobadas por el departamento de Expresión Gráfica son:

Corte láser/hora:	UA(17 €)	–	Externos (75€)
Fresadora CNC/hora:	UA(12 €)	–	Externos (Consultar precio)
Corte vinilo/hora:	UA(16 €)	–	Externos (Consultar precio)
Impresión 3D/gramo:	UA(0,30 €)	–	Externos (0,90€)

2.8. Fab Lab Terrassa

Fab Lab Terrassa es una plataforma de creación y espacio *coworking* para estudiantes, profesores, profesionales, emprendedores, artesanos y todos aquellos con curiosidad e interés en la fabricación digital. Ofrece un espacio equipado con máquinas de fabricación digital (impresoras 3D, CNC láser, fresadora, laboratorio de electrónica, etc.) y tecnologías para la producción de objetos, prototipos, herramientas, dispositivos electrónicos y el desarrollo de productos y proyectos creativos y tecnológicos de particulares, empresas privadas y organismos institucionales (18).

FCNC	Roland Monofab SRM 20	ShopBot CNC	
			
I3D	Objet30	BCN3D+	BCN3D SIGMA
			
E3D	Scanner 3D DAVID SLS-2		
			
CLS	BCN3D IGNIS 100W		
			
CVN	Silhouette Cameo		
			

Sin embargo, el *Fab Lab* Terrassa no es únicamente un espacio *coworking* con máquinas para fabricar objetos. Se trata de un lugar donde interactuar a diario con emprendedores sociales, comunicadores o *makers*, formando sinergias entre los diferentes oficios o profesiones, generando contenidos, poniendo en práctica ideas innovadoras, y estimulando y dinamizando su implementación mediante la colaboración y el intercambio de conocimiento.

CUOTAS ABONADO.

Abono Estudiante mensual	20 horas mensuales	15 €
Abono Estudiante anual	22 horas mensuales	140 €
Abono PRO mensual	20 horas mensuales	25 €
Abono PRO anual	22 horas mensuales	240 €

Qué incluye el abono:

- Uso de herramientas eléctricas: Taladros, sierras, dremmel, soldador de estaño, herramientas manuales, etc.
- Uso de 1 hora de cortadora láser o fresadora.
- Tarifas más económicas para el uso de la cortadora láser y fresadora.
- Tendrás el soporte del personal del *Fab Lab* en la fabricación de tus objetos.
- Descuentos en las tarifas de formación.

Corte láser/hora:	Abonados (30 €)	UPC (35 €)	Externos (50 €)
Impresión 3D/cm³:	Abonados (0,30 €)	UPC (0,35 €)	Externos (0,60 €)
Corte vinilo/hora:	Abonados (20 €)	UPC (25 €)	Externos (30 €)
Fresadora SRM-20/hora:	Abonados (25 €)	UPC (30 €)	Externos (35 €)

2.9. *Fab Lab* ULL

El Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital *Fab Lab* ULL forma parte de los “Servicios Generales d Apoyo a la Investigación” de la Universidad de la Laguna, así como a la red global de laboratorios de la *Fab Foundation*. Es un espacio de trabajo transversal y colaborativo que se articula en torno al uso de las herramientas digitales de diseño y fabricación (11).

FCNC	Fresadora Hasse	Fresadora Stepcraft	
			
I3D	Makerbot Replicator Mini	Witbox Ampliada	Witbox
			
	Impresora 3D Estereolitografía		
			
E3D	ARTEC EVA	Makerbot Digitalizer	
			
CVN	Plotter de Corte SECABO C60IV		
			

3. *Fab Labs Internacionales*

En este apartado se recogen, a modo de ejemplos singulares de diferentes continentes, algunos de los *Fab Labs* internacionales que se han consultado y que introducen aspectos diferenciadores respecto a los analizados a nivel nacional.

3.1. *CINNO Fab Lab*

CINNO es un acrónimo proveniente de “Centro de Investigación para la Innovación”, perteneciente a la Universidad VERITAS de Costa Rica. El CINNO pone a la orden de la Comunidad VERITAS y al público en general sus servicios y posibilidades de investigación y colaboración, a través del laboratorio de fabricación. Este es un espacio de democratización tecnológica que le permite a cualquier persona fabricar cualquier cosa en, prácticamente, cualquier material. No hay restricciones en cuanto a los proyectos que se realicen, ni tienen que ser aprobados por VERITAS con anticipación.

FCNC	Laguna CNC Router		
			
I3D	ProJet 460 Plus	Cube Pro Trio	Metal Plus
			
	Simple Metal	Simple Makers Kit	
			
E3D	Artec Spider	Sense Scan	
			

CLS	RedSail 1200x900 mm	CAMFive CFL-CMA6040	
			

El uso del laboratorio de fabricación por parte de los usuarios implica ciertas condiciones:

- Cada persona será responsable de operar los equipos por sí misma. Los asistentes del laboratorio de fabricación orientarán a los usuarios, pero no podrán realizar ningún trabajo por ellos.
- Para el uso de máquinas CNC, torno, cortadora láser e impresión 3D se deben seguir los tutoriales presentes en la página web, así como los infográficos ubicados en el laboratorio.
- El uso de las impresoras 3D no tiene costo, pero, a cambio, los usuarios deberán contribuir con un kilogramo de filamento de un color que no se tenga en stock en el laboratorio de fabricación.

Los arduinos, sensores y actuadores estarán disponibles para prototipado. Sin embargo, solo se entregarán en calidad de préstamo. Los usuarios deben reponer los componentes que se usen.

El público interesado en hacer uso del laboratorio de fabricación puede recurrir a una membresía anual que le da acceso a un número de horas por semana, ciertos días de la semana. Existen varios paquetes de horas para la utilización del laboratorio de fabricación para estudiantes, egresados e integrantes del programa #ExperienciaVERITAS, así como para público en general.

3.2. *Fab Lab Toulouse*

El *Fab Café Toulouse* es un rincón acogedor donde cualquiera puede ir solo, en familia o con amigos a conocer este lugar innovador, donde, al mismo tiempo que se llevan a cabo proyectos, se puede tomar un café o algún aperitivo. Ofrece la oportunidad de descubrir las máquinas de fabricación digital en un contexto más sencillo de familiarización, así como un expositor donde ver otros proyectos o, incluso, sentarse en grupos para hablar sobre el desarrollo de nuevos trabajos.

FCNC	Makko M1070 KU		
			
I3D	Up Plus	Up Mini	Makerbot Replicator 5th
			
CLS	Trotec Speedy 500	Epilog Helix 24	
			
CVN	Roland CAMM1-GS24E		
			

Los precios, disponibles en el portal web del *Fab Lab Toulouse*, son bastante económicos. Cuenta con dos precios diferentes: la tarifa normal, que se presenta en la columna de la izquierda; y una tarifa reducida, a la que solo pueden acceder estudiantes o desempleados, que deben justificar en cada uno de los casos que realmente pertenecen a dichos grupos.

Corte láser/hora:	Tarifa (35 €)	–	Reducida (25 €)
Fresadora CNC/hora:	Tarifa (20 €)	–	Reducida (15 €)
Corte vinilo/hora:	Tarifa (10 €)	–	Reducida (8 €)
Impresión 3D/hora:	Tarifa (10 €)	–	Reducida (8 €)
Makerbot 3D/hora:	Tarifa (15 €)	–	Reducida (12 €)

Desde el año 2011, surgió la idea de montar un *Fab* Café. Se apostó por el diseño de un lugar de encuentro que fuese agradable, con la intención de mejorar la creatividad y productividad de las personas que lo visitasen.



Ilustración 25. Barra del FabCafé con las zonas de trabajo de fondo (Fuente: artilect.fr)

3.3. *Fab Lab* Baltimore

En el *Fab Lab* Baltimore, las tarifas no van asociadas al uso de máquinas por hora, sino al número necesario de visitas al laboratorio para completar el trabajo.

FCNC	CNC Router ShopBot	Fresadora Denford PCB
		
I3D	Impresora 3D uPrint Plus	Impresora 3D Afinia
		
CLS	Cortadora Láser Epilog	Cortadora láser universal
		
CVN	Cortadora de Vinilo Roland	
		

Utilizan tickets de 5 y 15 visitas, y los precios son:

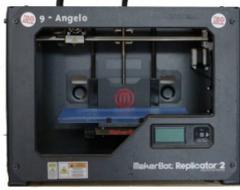
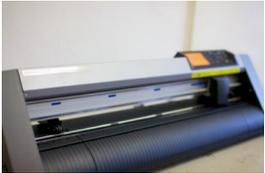
- 5 visitas por 25 dólares
- 15 visitas por 50 dólares

Además, hay que tener en cuenta que para las impresoras 3D hay que pagar un extra por el material, que será de 10 dólares por pulgada cúbica para la *uPrint Plus*, y de 7 dólares por pulgada cúbica para la *Afinia*.

Este laboratorio sigue la misma dinámica que el resto, al disponer para todos los usuarios unas normas básicas de funcionamiento a la hora de trabajar.

3.4. Fab Lab Berlín

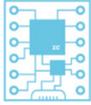
El *Fab Lab* Berlín es un laboratorio de fabricación digital de libre acceso. Ofrece a los usuarios herramientas y equipos de altas tecnologías, como impresoras 3D, cortadoras láser, fresadoras de control numérico, microcontroladores y software CAD, además de herramientas manuales y máquinas eléctricas necesarias para el desarrollo de los trabajos del *Fab Lab*.

FCNC	Fresadora BZT PFE 1000 PX	ICNC-PM0302	
			
I3D	I3 Berlín	Craftbot Plus	Makerbot Replicator
			
	Makerbot mini	Makerbot Replicator 2	Makerbot Z18
			
CLS	Epilog Zing	Trotec Speedy 400	
			
CVN	Graphtec CE6000-60		
			

El *Fab Lab* Berlín cuenta con otros equipos para complementar el servicio, como una máquina de estampación en caliente y algunos equipos de coser.

A diferencia de otros laboratorios, el *Fab Lab* Berlín ofrece unos precios por minuto para el uso de sus equipos.

Machine Prices

					
3D Printers €0,10 / Min	Electronics Lab €0,10 / Min	Textile Lab €0,10 / Min	Plotter €0,50 / Min	Laser Cutters Epilog €0,80 / Min Trotec €1,60 / Min	CNC Router €0,80 / Min

Otra novedad que presenta este laboratorio es la *Wiki Fab Lab* Berlín, que muestra información detallada sobre los equipos y software, con manuales sobre las especificaciones técnicas y otros aspectos concretos, y sobre *workshops* o proyectos realizados en el mismo espacio.

		
3D PRINT CLUB MEMBERSHIP 10,00 € inkl. MwSt.	FAB LAB BASIC MEMBERSHIP 25,00 € inkl. MwSt.	FAB LAB PLUS MEMBERSHIP 150,00 € inkl. MwSt.

El *Fab Lab* Berlín ofrece a sus usuarios tres clases de membresía:

- Miembro “Club Impresoras 3D” es la categoría más económica y ofrece al usuario el uso de los equipos de impresión 3D de sobremesa.
- Miembro Básico del *Fab Lab* equivaldría a la membresía intermedia. Ofrece el uso de equipos de impresión 3D, componentes electrónicos y herramientas manuales eléctricas para el tratamiento de materiales blandos, como plástico o madera, quedando exentas la cortadora láser y la fresadora CNC.
- Miembro Plus del *Fab Lab* es la máxima categoría de membresía. Su oferta añade a la membresía anterior, el uso de los equipos de corte láser y fresadora CNC.

4. Conclusiones

Los diferentes *Fab Labs* asociados a universidades o escuelas universitarias, a nivel nacional, tienen un funcionamiento específico cada una de ellas. Se encuentran líneas de trabajo que pueden estar relacionadas las unas con las otras, pero siempre hay algo que las diferencia, bien sea en los apartados de equipamiento, de funcionamiento o de gestión del laboratorio.

Como se ha podido observar, sus propios modelos de gestión y reserva de los equipos no funcionan de igual forma, pero sí se organizan de manera similar. Es importante saber si el *Fab Lab* está vinculado a una universidad o es totalmente independiente a cualquier institución. Por ejemplo, en el primero de los casos suele haber precios especiales para alumnos, docentes, investigadores y otros miembros de la comunidad universitaria. Se pueden sintetizar básicamente dos modos de uso y gestión de los *Fab Labs*.

- a) **Participación indirecta.** Existe un tipo de servicio más empresarial, en el que lo único que hace el cliente es el diseño. Los *Fab Labs* disponen de una plataforma online o también, entrega en el mismo laboratorio, de los diseños que se deseen y en qué tecnología quiere hacerse. Por consiguiente, son los mismos técnicos y trabajadores los que se encargan de hacer el diseño de forma física. Ellos se realizarían las diferentes operaciones con las máquinas y la elección de los parámetros operativos, salvo que el cliente exija la pieza con unas determinadas condiciones o parámetros predefinidos.
- b) **Participación directa:** Hay *Fab Labs* que funcionan mediante reserva de “franjas horarias” por máquina. Cada máquina tendría unas determinadas divisiones de tiempo disponibles a lo largo del día, y el cliente se encargaría de reservar las horas necesarias para cada tecnología. Para evitar el uso de la maquinaria por parte de un solo usuario en un mismo día, en numerosas ocasiones se cuenta con un tiempo máximo de reserva, que no podrá ser sobrepasado por los usuarios, para así ceder la máquina a otro usuario. Esto pretende agilizar el funcionamiento del laboratorio. También se encuentran laboratorios con abonos o suscripciones mensuales o anuales con las que los usuarios disponen de ciertas ventajas a la hora de usar el *Fab Lab*, como, por ejemplo, un ahorro en las tarifas de las máquinas o un número de horas gratuitas en el uso de determinadas tecnologías. Además, todos los abonos, por lo general, vienen acompañados del uso de herramientas manuales a coste cero.

En el modelo *b)* se requieren unos cursos de capacitación para cada una de las máquinas. Estos cursos consisten en la formación de los usuarios para el uso de una máquina en concreto, garantizando los conocimientos de la persona para el correcto manejo de la misma. Sin embargo, muchos de los *Fab Labs* analizados tienen un modelo mixto, y permiten varios niveles de participación, para adecuarse al tipo de usuario y las circunstancias del momento.

Por un lado, en cuanto al nivel de equipamiento, se encuentra con una amplia variedad de equipos para cada una de las tecnologías. Al estar vinculados a universidades, en ocasiones disponen de equipos que no son característicos de un *Fab Lab*, porque ya se disponía de ellos en los laboratorios que le dieron origen, y que pueden ayudar al desarrollo de algunos tipos de proyectos. Esto ocurre, por ejemplo, en el *Fab Lab* Deusto, donde están equipados con tornos y fresadoras convencionales.

Por otro lado, la mayoría de laboratorios tiene unos precios diferenciados para alumnos y personal vinculados a la universidad y para usuarios externos. Esto permite darle un uso preferente a la comunidad universitaria. Así mismo, como los *Fab Labs* tienen como filosofía ser una entidad sin ánimo de lucro, el dinero obtenido por los trabajos que se realizan dentro del laboratorio suele usarse para la obtención de consumibles o gastos en reparaciones y mantenimiento de los equipos.

Algunos *Fab Labs* ofrecen cuotas de abonados, como el *Fab Lab* Terrassa, que ofertan abonos mensuales y anuales tanto para estudiantes como para profesionales. Esta cuota de abonos ofrece un descuento considerable en las operaciones de máquina, además del uso gratuito de máquinas eléctricas y una hora disponible para el uso de la cortadora láser o la fresadora.

Con respecto al nivel de participación del usuario en la fabricación de sus proyectos, se encuentran *Fab Labs* tanto de participación directa, donde el usuario es quien maneja los equipos, como de participación indirecta, en el que un operario responsable del laboratorio se encarga de realizar los trabajos. El *Fab Lab* Barcelona, uno de los más importantes en la red global de *Fab Labs*, y que ha realizado a nivel internacional proyectos importantes para la *Fab Foundation*, ofrece a los usuarios un sistema de participación indirecta, donde además de abonar

el precio de uso de la máquina, se le añade un sobrecoste por el tiempo dedicado de la persona encargada del laboratorio a la realización del trabajo.

Este modelo de participación indirecta puede resultar interesante a personas que quieran desarrollar sus proyectos, pero que no quieran preocuparse por la elaboración del mismo ni estar en contacto con los equipos. No obstante, hay perfiles de usuarios que prefieren estar en contacto con las máquinas y desarrollar ellos mismos las piezas, figuras, etc.

Por último, se observa, en otros *Fab Labs* fuera de España, servicios interesantes, como una cafetería en la que se puede desarrollar la misma actividad que en este tipo de laboratorios. Esto se encuentra en el *Fab Lab* Toulouse, donde ofertan un servicio de Fab Café al que se puede acudir a desayunar y pensar, diseñar o desarrollar los proyectos.

CAPÍTULO 4.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Capítulo 4: Solución Adoptada

1. Estudio de las necesidades

En la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se imparten 10 Grados en Ingeniería y 3 Máster Universitarios. Todas estas titulaciones, al estar vinculadas a la rama de la ingeniería, tienen un componente práctico de gran importancia. Diferentes asignaturas, de todas las titulaciones, están cada vez más relacionadas a la nueva era digital, por lo que resulta lógico que los trabajos desarrollados para las mismas vayan evolucionando con el tiempo.

Otras escuelas de ingeniería o arquitectura en universidades españolas han optado por dotar a sus instalaciones de espacios habilitados para la fabricación digital, en los que el alumno pueda llevar a cabo tanto trabajos de las asignaturas como proyectos personales. Por esta razón, el concepto *Fab Lab*, se ha vinculado cada vez más al mundo universitario en los últimos años, pues complementa las actividades de aprendizaje de una manera práctica y visual para el alumno. En estos laboratorios, los alumnos pueden aplicar los conocimientos aprendidos en clase y poner en práctica las destrezas adquiridas.

Un *Fab Lab* se concibe, por un lado, como una herramienta complementaria adecuada para ayudar a consolidar, a todas las asignaturas que se imparten en la EIIC, lo aprendido en las aulas. Sería, por otro, un espacio que cada vez es más común en el mundo universitario: en España, por ejemplo, de 27 *Fab Labs* adscritos en la *Fab Foundation*, 12 de ellos pertenecen a universidades o escuelas técnicas.

En esta titulación, Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, un espacio de estas características sería especialmente recomendable, ya que muchas asignaturas poseen un amplio contenido práctico y están relacionadas de manera directa con el diseño y la fabricación de piezas u objetos. En este Grado, el mayor peso de sus créditos ECTS (*European Credit Transfer System*) están concentrados en tres departamentos: el Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos Arquitectónicos, el Departamento de Cartografía y Expresión Gráfica en la Ingeniería y el Departamento de Ingeniería Mecánica. Estos tres departamentos podrían ser los más beneficiados si se dispusiera de un *Fab Lab*.

Los diferentes trabajos que son marcados durante un curso académico, suelen constar, normalmente, de maquetas, diseños de piezas, análisis estructurales o de procesos de fabricación de los diseños realizados por los estudiantes. Pero estos trabajos no suelen ser desarrollados más allá del papel o el software de CAD, CAM o CAE utilizado para los diferentes análisis.

Para realizar cualquier maqueta, prototipo o proyecto, el alumno no dispone de un espacio específico con máquinas y herramientas adecuadas, por lo que tiene que buscarlo fuera de la universidad. Esto implica una mayor inversión de tiempo y dinero, y afectado en el rendimiento del alumno en otras asignaturas. Así mismo, la habilidad o destreza que tenga cada estudiante se verá reflejada también en la elaboración de la maqueta o el prototipo, y ello supone un mayor tiempo de dedicación.

Los *Fab Labs* universitarios se usan, principalmente, para los trabajos de fin de grado, de fin de máster, trabajos para diferentes asignaturas e, incluso, trabajos de carácter propio, que se desarrollan en laboratorios de dimensiones no muy grandes.

El *Fab Lab* ETSIDI, de la Universidad Politécnica de Madrid, verbigracia, ha dispuesto en un aula de 45 metros cuadrados, distribuida en dos zonas principales: una zona limpia, donde se encuentran las impresoras 3D y la zona de trabajo individual o en grupo; y una zona de trabajo, habilitada para las operaciones de fresado CNC, corte por láser y un pequeño taller con máquinas herramientas de trabajo (ingletadora, taladro vertical, lijadora, etc.). Además de estas dos zonas, cuenta con un almacén en el que se guardan los diferentes materiales y herramientas y con la posibilidad de utilizar las instalaciones de la propia escuela perteneciente a la UPM. También se cuenta con la posibilidad de utilizar las diferentes instalaciones de la propia Escuela perteneciente a la UPM. Se considera que este es el modelo que mejor se adaptaría a las características de la EIIC.

El desarrollo del laboratorio de estas características, consigue fomentar en el alumno un espíritu emprendedor, como ya se refleja en los objetivos del *Fab Lab*, y despertar el interés en los usuarios, puesto que los mismos tienen a su disposición un marco práctico que facilita integrar las explicaciones teóricas.

Es necesario ofrecer cursos de capacitación que impartan las nociones básicas relacionadas con la tecnología, y otras más específicas con el equipo concreto que se va a usar. Esto evitará usos inadecuados y negligentes de los equipos que dispondrían en el *Fab Lab*, y obligará a todo usuario que use cierta máquina, requerir de un conocimiento certificado que lo capacite para usarla.

Una muestra de la necesidad de un espacio de estas características se describe a continuación. En la *Ilustración 26*. Primer diseño del Soporte para Portátil vemos un ejemplo de un trabajo final de la asignatura de “Desarrollo de Productos en Materiales Plásticos”, realizado por los alumnos Alejandro Gutiérrez Barcenilla y César González Sosa, que consistía en la elaboración de un soporte para portátil compuesto por 4 piezas: la base del soporte, la pestaña abatible y dos pasadores que sujetan las dos primeras piezas entre sí.



Ilustración 26. Primer diseño del Soporte para Portátil

En este trabajo se llegó a fabricar un prototipo mediante una impresora 3D a escala 1:2, usando el proceso FDM (*Ilustración 27*. Prototipo Soporte para Portátil a escala 1:2). De esta manera se pudieron observar ciertas consideraciones de diseño que en el CAD eran muy complejas de ver, además de valorar su funcionalidad, ergonomía y otros aspectos que deben considerarse en el proceso de diseño. En el prototipo de las ilustraciones se comprobó que la sección del asa era demasiado delgada, por lo que habría que aumentar un mayor espesor a la misma (*Ilustración 28*. Diseño corregido después de detectar errores en el prototipo).

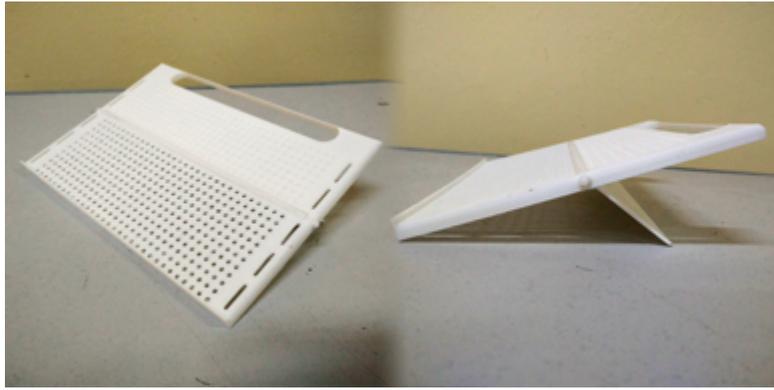


Ilustración 27. Prototipo Soporte para Portátil a escala 1:2

Para este caso práctico en concreto, los alumnos tenían diseñadas las piezas en CAD con las dimensiones nominales decididas en el proceso de diseño. A la hora de llevarlas a la impresora 3D y tener las piezas materializadas, los alumnos se percataron de que al presentar las mismas dimensiones los pasadores cónicos que los agujeros de la base y la paleta abatible, el ajuste entre piezas era demasiado forzado, lo que dificultaba su ensamblaje.

Esto se solucionó al realizar operaciones de postprocesado a los pasadores cónicos, con papel de lija. Este problema se podría haber evitado desde la fase de diseño, si en el espacio de impresión hubiera una persona técnica que recomendara escalar los pasadores para obtener así un ajuste menos forzado. Esta circunstancia se debe a que los diseños CAD son ideales. En ellos todo ensambla y no se tienen en cuenta otros aspectos que puedan influir durante el proceso de fabricación. Por eso es importante prever las tecnologías que se van a emplear, los diferentes procesos y materiales, y todo tipo de parámetros, con el fin de reducir el número de incidencias.

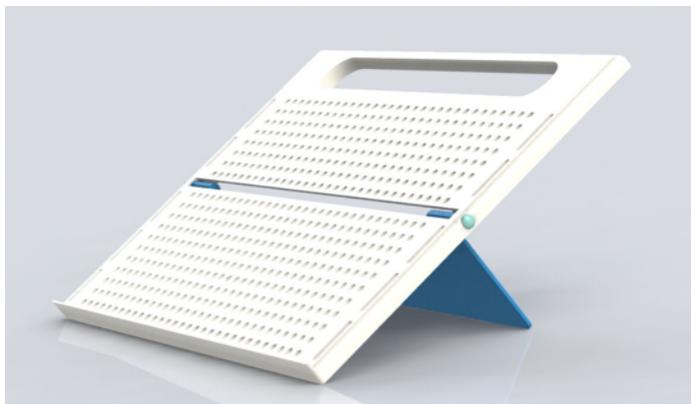


Ilustración 28. Diseño corregido después de detectar errores en el prototipo

También se debe considerar que el simple hecho de llevar una entrega más allá de un documento PDF y poder materializar el diseño que se ha desarrollado, proporciona un plus a los trabajos que se puedan elaborar para diferentes asignaturas dentro de la EIIC.

Actualmente no existe ningún *Fab Lab* en Gran Canaria, pero bien es cierto, que están emergiendo espacios con filosofías similares. Es el caso de “LPA Fabrika”, un laboratorio pensado para el desarrollo de trabajos y proyectos mediante las tecnologías de fabricación digital y que ofrece una sección educativa, así como charlas informativas y demostrativas en colegios o institutos.



Ilustración 29. Equipo de LPA Fabrika (Fuente: lpafabrika.com)

2. Objetivos del *Fab Lab* EIIC-ULPGC

Tras haber analizado cuáles son los objetivos perseguidos por un *Fab Lab*, se propone implantar un espacio de características similares en la EIIC de la ULPGC, cuyos fines serán:

- Proporcionar medios al alumno en el desarrollo de los trabajos realizados con las asignaturas de su titulación.
- Mejorar el conocimiento sobre Fabricación Digital, principalmente en los alumnos de la escuela, pero también a alumnos de otras facultades y escuelas e incluso a cualquier otra persona externa a la ULPGC.
- Desarrollar las iniciativas emprendedoras entre los estudiantes.
- Desarrollar el concepto de *Ingeniería Concurrente*, como metodología de trabajo colaborativo para el desarrollo de productos.
- Complementar la actividad docente e investigadora de la propia universidad.

Con estos objetivos se pretende facilitar a los alumnos de las titulaciones ofertadas en la Escuela de Ingeniería, un taller donde poder desarrollar sus proyectos, acceder a equipamiento de fabricación digital y a una amplia variedad de herramientas, elaborar trabajos en un entorno que permite al alumno, y a todo aquel que lo utilice, aprender el funcionamiento de las diferentes máquinas y herramientas que allí se encuentren, y conocer diferentes procesos de fabricación empleados para realizar casi cualquier proyecto.

Se propone utilizar el identificador visual de Fab Lab, añadiéndole la extensión EIIC-ULPGC, como identificador del laboratorio que se plantea para la Escuela.



3. Fases del proyecto

Estudios hechos por el *Fab Lab Inventory* sugieren que el coste aproximado para equipar uno de sus laboratorios, tras analizar previamente cuáles son las máquinas más comunes y comerciales, incluyendo una cortadora láser, una cortadora de vinilo, una impresora 3D y una fresadora de sobremesa, puede oscilar en torno a los 90.000 euros. Se han encontrado otros ejemplos de *Fab Lab* con un nivel de equipamiento más básico, con inversiones que estarían entre los 20.000 y 60.000 euros (15).

Las cifras resultan elevadas, por lo que supone un problema a la hora de conseguir la financiación para la implantación de un *Fab Lab* dentro de la universidad. Sin embargo, esta inversión se podría dividir en fases, de manera que el laboratorio comience con una pequeña inversión, y, más adelante, se vaya invirtiendo de forma progresiva en otras fases y ampliando así el servicio que pueda ofrecer el *Fab Lab* EIIC-ULPGC.

Por último, se plantean 3 fases de desarrollo para este *Fab Lab*:

Fase 1: Implantación de Aula de Impresión 3D

Equipada con 2 o 3 impresoras 3D de diferentes tecnologías y prestaciones. Un escáner 3D como tecnología complementaria. Una cortadora de vinilo. Un kit básico de herramientas para la manipulación y postprocesado de piezas fabricadas. Mesas de trabajo.

Fase 2: Ampliación de Aula de Impresión 3D

Con la incorporación de algunas tecnologías adicionales, bien sustractiva, aditiva o de apoyo. También se dotaría de un conjunto de máquinas y herramientas portátiles manuales.

Fase 3: Implantación del *Fab Lab* Definitivo

Incorporando el resto de equipo necesario para poder incluirse en la red internacional de *Fab Labs*. Se necesitaría para esta fase un espacio especialmente habilitado para este fin.

3.1. Fase 1: Implantación de Aula de Impresión 3D

En la primera fase se propone comenzar con la implantación de un espacio conocido también por Aula de Impresión 3D. En ella, se ofrecería un servicio donde los usuarios podrían hacer uso de ordenadores e impresoras 3D para materializar sus diseños. Se complementaría con un pequeño espacio con mesas de trabajo. Esta Aula de Impresión 3D es una necesidad de atención urgente que demandan cada vez más los estudiantes de varios títulos, en especial, de los del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto.

3.1.1. Ubicación

No se precisa de un espacio de gran superficie ni con instalaciones especiales para su implantación pues se trata de equipos de sobremesa y pequeñas dimensiones. Después de considerar diferentes espacios de la EIIC en los que se pudiese implantar un laboratorio de fabricación digital, se propone utilizar el “Aula de Informática de Libre Acceso”, donde estaba situada la antigua biblioteca de la escuela, como un posible espacio para el *Fab Lab*.

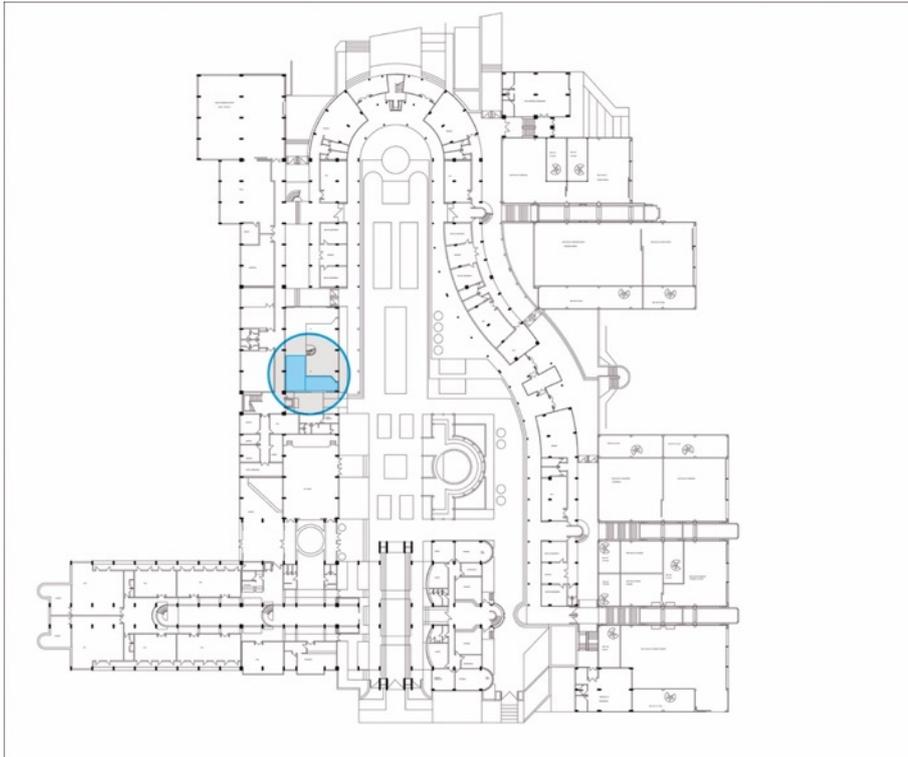


Ilustración 30. Plano general planta alta Edificios de Ingenierías de la ULPGC.

Este espacio está compuesto por dos plantas, unidas mediante una escalera de caracol en el centro de la sala. Dispone en torno a 310 metros cuadrados de espacio, con 40 ordenadores en la planta baja y 30 en la planta alta. El horario de apertura es de 8:00 a 20:30, y es un aula de acceso libre para los estudiantes que permite el control de las entradas y salidas mediante el carné universitario.



Ilustración 31. Aula de Informática de Libre Acceso. Exterior. (Fuente: Propia)

En épocas de matrícula, la sala se usa para que los propios estudiantes realicen el proceso de auto matriculación. Actualmente, el espacio funciona como aula de estudio y trabajo en grupo, y es uno de los lugares preferidos por muchos alumnos por estar la sala equipada con aire acondicionado. Los ordenadores, a su vez, son usados, pero cada vez en menor medida, ya que es muy común ver a la gente trabajar con sus portátiles o, simplemente, estudiar con sus apuntes. Por otro lado, al no ser un espacio de silencio, muchos grupos se reúnen para realizar trabajos de distintas asignaturas.

Se trata de un recinto que está bajo la responsabilidad de la propia escuela, y no de los departamentos, y que dispone de los elementos necesarios para una implantación casi inmediata. Se sugiere utilizar un lateral de la planta alta, y disponer de esta forma de un espacio de alrededor de 60 metros cuadrados, más que suficiente para acoger un Aula de Impresión 3D y una zona con mesas de trabajo.

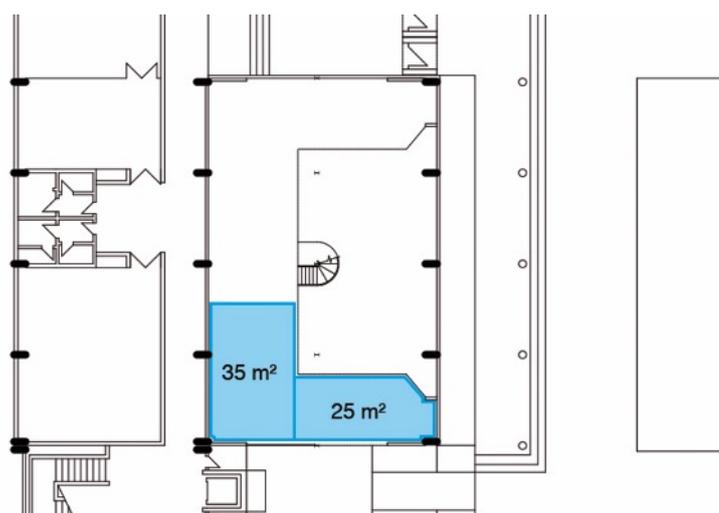


Ilustración 32. Plano planta alta aula de informática de libre acceso.

Para un correcto funcionamiento del aula, se separaría dicho espacio del resto con unas mamparas similares a las ya existentes. Con ello se lograría mejorar el uso y control de los usuarios y equipos, y poder cerrarlo fuera de los horarios en los que el servicio esté en funcionamiento. Así mismo, se dividiría este espacio en dos: uno como zona de trabajo, donde desarrollarían los trabajos con herramientas mediante operaciones especiales; y otro una zona limpia, donde se llevarían a cabo los trabajos de impresión 3D, diseño CAD, escaneo 3D y corte de vinilo.

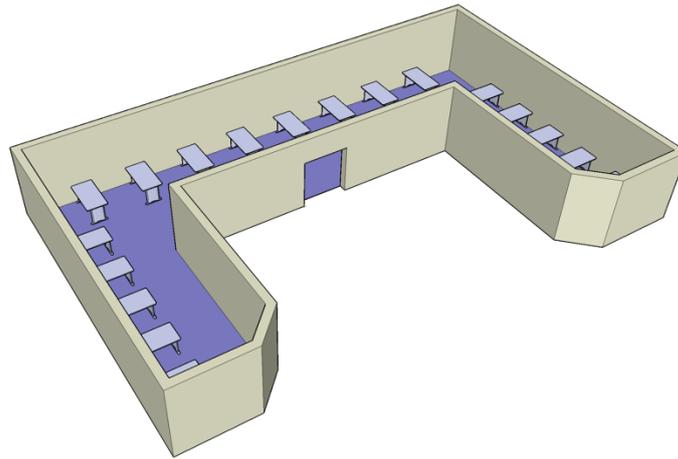


Ilustración 33. Modelo Actual en SketchUp de la planta alta del Aula de Informática de Libre Acceso

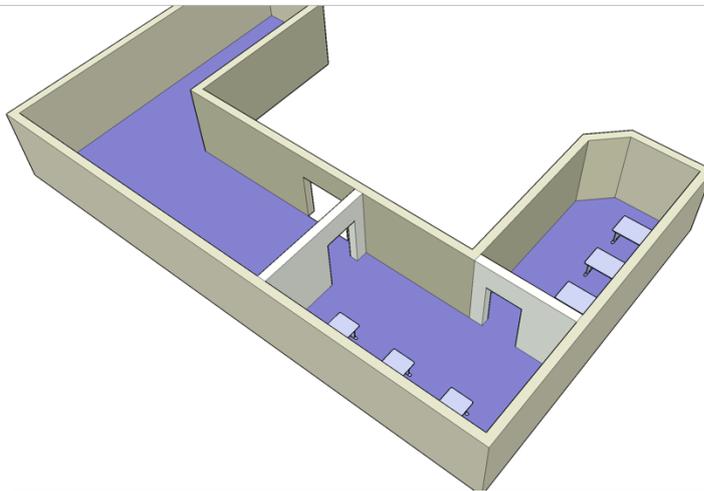


Ilustración 34. Modelo de la Propuesta en SketchUp de la planta alta del Aula de Informática de Libre Acceso

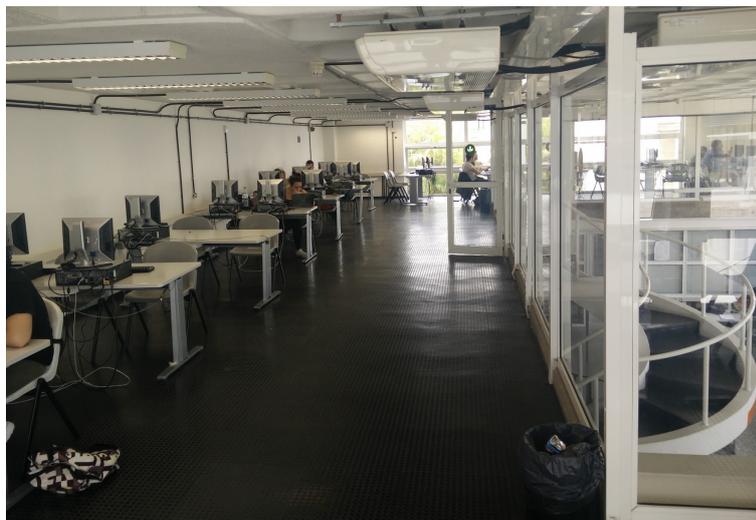


Ilustración 35. Fotografía actual del Aula de Informática de Libre Acceso

3.1.2. Equipamiento

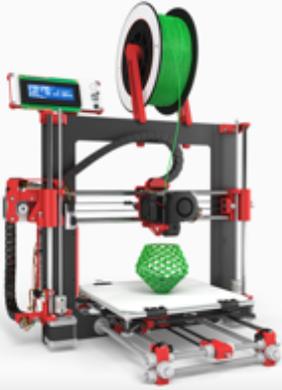
Se propone un equipo básico, económico y accesible que suele encontrarse actualmente en casi cualquier *Fab Lab*:

Estaría compuesta por **dos o tres impresoras 3D** de tecnologías y prestaciones complementarias para adaptarse a requerimientos de fabricación variados. De esta forma, se podrán desarrollar trabajos con un buen nivel de detalle o precisión, y atender también a trabajos menores con requerimientos inferiores. Se considera que las tecnologías aditivas más idóneas para esta fase sería la de **extrusión de hilo** y la **DLP**. Se explica, a continuación, en qué consisten brevemente.

La Fabricación de Filamento Fundido (FFF) es un proceso de fabricación aditiva por extrusión de hilo. La máquina calienta el filamento de plástico para expulsarlo a través de un extrusor. Este va depositando el filamento de plástico extruido sobre una plataforma de construcción, donde se enfría y solidifica, y sobre las que se adhieren unas capas con otras y formando de esta manera la geometría deseada.

La DLP (*Digital Light Processing*) es una tecnología de fotopolimerización en tanque, es decir, dispone de un pequeño depósito con resina de fotopolímero en estado líquido, donde la acción de un proyector de luz es la encargada de curar la resina capa a capa con la misma geometría proyectada por el haz de luz. Esta es una tecnología derivada de la estereolitografía o SLA, la primera tecnología de fabricación aditiva en la historia.

El equipo más sencillo sería una impresora de extrusión de hilo de bajo coste, similar a la que se puede encontrar hoy en día en muchas tiendas de electrónica. Existe una gran oferta de estos equipos, y cualquiera de ellos resulta válido. Como ejemplo de este tipo se propone la **BQ Hephestos**, es una variante modificada del clásico modelo Prusa i3, en la que la compañía española ha realizado una serie de mejoras.

	<p>BQ Hephestos (PVP: 550 euros)</p> <p>Dimensión: (x)460 x (y)383 x (z)430 mm</p> <p>Volumen de impresión: (x)215 x (y)210 x (z)180 mm</p> <p>Resolución: 60-300 µm</p> <p>Cama caliente: No</p> <p>Materiales: Filamentos 1.75 mm de diámetro PLA, Composites PLA y FilaFlex.</p>
---	---

También se precisaría de una máquina con más de un extrusor, que amplía el abanico de posibilidades que se podría ofrecer. Con impresoras 3D de dos extrusores o más, es posible realizar las piezas en más de un color o con materiales diferentes, además de poder utilizar un filamento como material de soporte específico para las piezas que lo necesiten.

Existe una oferta variada de equipos con más de un extrusor, aunque se propone la **BCN3D Sigma** por su mejor calidad de fabricación, porque complementa al equipo anterior y permite la inclusión de una máquina de dos extrusores en el *Fab Lab*.

	<p>BCN3D Sigma (PVP: 2.300 euros)</p> <p>Dimensión: (x)460 x (y)446 x (z)450 mm</p> <p>Volumen de impresión: (x)210 x (y)297 x (z)210 mm</p> <p>Resolución: 50 µm</p> <p>Cama caliente: Sí</p> <p>Materiales: Filamentos 3 mm de diámetro PLA, ABS, FilaFlex, PVA, HIPS, Composites PLA.</p>
---	--

Los dos equipos propuestos tienen en común la misma tecnología aditiva, la FFF. Para complementar el Aula de Impresión 3D, se incluiría otra máquina con una tecnología diferente a las anteriores, como la Estereolitografía (SLA/DLP). Para este caso, la empresa FormLabs ofrece la Form1+, un equipo de fabricación aditiva, con unos acabados de pieza de más alta calidad. No obstante, el volumen de impresión es algo menor a las dos máquinas anteriores.

	<p>Form1+ (PVP: 2.400 euros)</p> <p>Dimensión: (x)300 x (y)280 x (z)450 mm</p> <p>Volumen de impresión: (x)125 x (y)125 x (z)165 mm</p> <p>Resolución: 25-200 μm</p> <p>Materiales: Resinas Fotopolimerizables</p>
---	---

Con estos tres equipos, se puede disponer de un Aula 3D con amplias posibilidades de piezas, prototipos, figuras o diseños que se quieran realizar. Cada una de ellas permite obtener al usuario diferentes resultados en función de las necesidades que se tengan. En esta primera fase se añadirían tecnologías de apoyo, como un escáner 3D, y tecnologías sustractivas, como una cortadora de vinilo.

	<p>Sense 3D (PVP: 349 euros)</p> <p>Dimensión: (x)129 x (y)178 x (z)33 mm</p> <p>Volumen de escaneo:</p> <p>mín.: (x)200 x (y)200 x (z)200 mm</p> <p>máx.: (x)2000 x (y)2000 x (z)2000 mm</p> <p>Resolución: Eje Z (1 mm) / Eje XY (0,9 mm)</p>
---	---

El escáner permitirá desarrollar en el laboratorio trabajos de ingeniería inversa, y reproducir en formato CAD piezas o figuras hechas en la realidad, que luego podrán ser modificadas o personalizadas o, incluso, reproducidas con los equipos de fabricación aditiva que se disponen.

	<p>Roland STIKA SV-12 (PVP: 730 euros)</p> <p>Dimensión: (x)440 x (y)205 x (z)115 mm</p> <p>Área de corte: (x)250 x (y)1000 mm</p> <p>Velocidad de corte: 12-40 mm/s</p> <p>Materiales: PVC o material para etiquetas $\leq 0,1$ mm</p>
---	---

Con la cortadora de vinilo, una máquina para acabados estéticos y decorativos de piezas que se realicen dentro del aula de impresión, o para otro tipo de trabajos, ampliando el servicio ofrecido dentro del laboratorio, se cerraría la incorporación de equipos de la primera fase del *Fab Lab* propuesto.

El coste de inversión total en la adquisición de estos equipos para sacar adelante la primera fase estaría entre 6.500 y 7.000 euros, al que habría que sumar, por un lado, una pequeña partida inicial en materiales consumibles (bobinas de plástico y resinas), pues la idea es cubrir los gastos futuros con los ingresos del aula, y, de esta manera convertirse en un espacio autofinanciado, y, por otro lado, un par de equipos informáticos con un nivel de prestaciones medio, además de unas mesas de trabajo equipadas con un surtido de herramientas manuales, para realizar otro tipo operaciones requeridas para los trabajos a desarrollar.



Ilustración 36. Mesas de trabajo para herramientas manuales y equipos de fabricación aditiva (Fuente: George M Davison)

En la ilustración se muestra una posible solución del espacio propuesto, desarrollada en “*The Kiski School*” en Saltsburgo, Pensilvania. En el mismo, se disponen las mesas de trabajo para tener un espacio habilitado para operaciones manuales mediante herramientas, y otras con equipos de fabricación aditiva e informáticos para operaciones de diseño e impresión 3D.

Sería necesario, por último, la adquisición y montaje de las mamparas de separación para los espacios propuestos, con soluciones similares a las ya existentes en ese espacio. Para el resto de mobiliario requerido se podría reutilizar el ya existentes en esa aula. Con todo ello, se estima que el nivel de inversión requerido para esta primera fase estaría en torno a 15.000 euros.

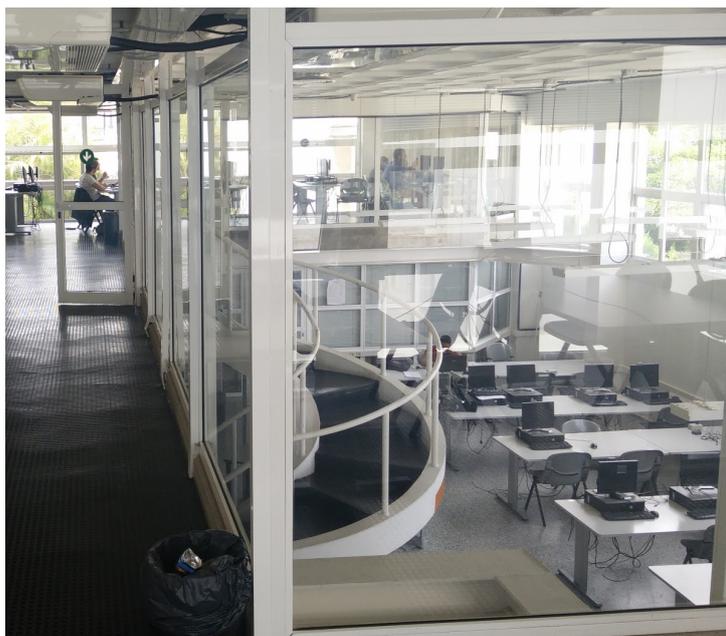


Ilustración 37. Ejemplo de las mamparas ya existentes en el Aula.

3.1.3. Organización

Para esta primera fase se propone un funcionamiento similar a la del Aula de Proyectos, gestionado por estudiantes becarios y que estarían formados en el uso de las tecnologías disponibles. Estos estudiantes actuarían de personal de apoyo técnico para los compañeros que quisieran hacer uso del aula.

El modelo de gestión principal será, en el inicio, el de **participación indirecta**. Este se aplicará en el uso de equipos de fabricación aditiva, escáner 3D o corte de vinilo. Se podrán desarrollar, no obstante, trabajos de diseño CAD y operaciones manuales con las diferentes herramientas disponibles. Así mismo, el laboratorio ofertaría talleres que habiliten a los usuarios al uso de cada uno de los equipos.

Durante la consolidación de la primera fase del *Fab Lab*, se permitirá a los usuarios, siempre que realicen y superen los cursos de capacitación específica requeridos, ser partícipes de la fabricación de sus propios trabajos.

Se establecerían unos horarios de mañana y de tarde, que se irían adaptando a la demanda de uso, para dar la misma oportunidad de acceso a todos los estudiantes del centro.

Esta primera fase no podría integrarse a la red de *Fab Labs*, perteneciente a la *Fab Foundation*, puesto que no se cumplirían los requisitos necesarios en cuanto a funcionamiento y nivel de equipamiento, vistos en el apartado 2.6 del Capítulo 2.

3.2. Fase 2: Ampliación de Aula de Impresión 3D

Para la fase número dos, se plantea ampliar el laboratorio con otras tecnologías adicionales, bien sustractivas o aditivas, así como tecnologías de apoyo. Se completaría el espacio de trabajo con un conjunto de máquinas eléctricas portátiles que permitan trabajar diferentes materiales, como plásticos, maderas o metales ligeros.

3.2.1. Ubicación

En principio, el espacio propuesto no resultaría el más adecuado para un *Fab Lab* totalmente equipado, pero sí se considera razonablemente adecuado para la propuesta de las dos primeras fases, en función del nivel de equipamiento que se ha detallado.

3.2.2. Equipamiento

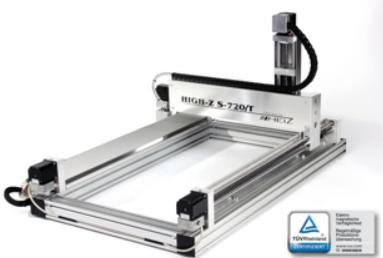
En esta fase se ampliaría el equipamiento con nuevas tecnologías como el corte láser, fresado CNC, equipos informáticos adicionales y un surtido de máquinas y herramientas manuales. Con todo esto, se pretende conseguir una mejora del servicio que se ofrece tanto a la comunidad universitaria como al resto de usuarios.

Los equipos propuestos para esta fase pueden verse afectados por la rápida evolución de estas tecnologías, por lo que es necesario contemplar este equipamiento como orientativo, ya que podrían actualizarse los equipos con unas mejores prestaciones en el momento de acometer la inversión.

Con el fin de pertenecer a la red global de *Fab Labs*, se deben incorporar tecnologías que en la primera fase no se habían contemplado: un equipo de corte láser de sobremesa, para trabajos no muy grandes, que permitiría la realización de grabados y corte en materiales blandos, y de grabado solamente en materiales más duros.

	<p>Láser Full Spectrum H20x12 (PVP: 3.300 euros)</p> <p>Dimensión: (x)813 x (y)508 x (z)210 mm</p> <p>Área de grabado: (x)508 x (y)305 mm</p> <p>Potencia láser: 40 (45/90 ampliable) W</p> <p>Tipo de láser: Tubo láser de CO2</p>
---	--

Esta cortadora láser en cuanto a nivel de prestaciones y precio, es ideal para la segunda fase del *Fab Lab*. Acompañando a esta tecnología sustractiva, también se propone también una fresadora de sobremesa: el equipo “*High-Z 720*”, un router CNC de 3 ejes y pequeñas dimensiones que oferta la empresa alemana *CNC-Step*, y que está preparado para el corte de materiales blandos, como el PVC, o incluso otros de durezas más altas como el aluminio, el cobre, composites, piedra, etc.

	<p>CNC-Step High-Z 720 (PVP: 3.800 euros)</p> <p>Dimensión: (x)1050 x (y)690 x (z)575 mm</p> <p>Volumen de corte: (x)720 x (y)420 x (z)110 mm</p> <p>Precisión: 0,01 mm</p> <p>Velocidad de avance máx.: 8.000 mm/min</p>
---	--

Se plantea ampliar el servicio de escaneo tridimensional con la incorporación de un nuevo escáner con mejores prestaciones. Sería un escáner 3D con una plataforma giratoria en la que situar la pieza a escanear, y poder así obtener de esta manera el modelo CAD. Este equipo permitiría también escanear las piezas de manera manual, con lo que se conseguiría un mayor volumen de escaneo.

	<p>EinScan-S (PVP: 1.100 euros)</p> <p>Dimensión:</p> <p>Escáner: (x)246 x (y)126 x (z)60 mm Disco: (x)246 x (y)260 x (z)65 mm</p> <p>Volumen de escaneo:</p> <p>Automático: (x)200 x (y)200 x (z)200 mm Manual: (x)700 x (y)700 x (z)700 mm</p> <p>Precisión: ≤0,1 mm</p>
---	--

También se incluirá para la segunda fase unos equipos informáticos de prestaciones medias, porque la adquisición de las nuevas máquinas requerirá un mayor número de ordenadores dentro del *Fab Lab*. El coste aproximado para tres ordenadores rondaría aproximadamente los 2.500 euros.

Por último, el equipamiento de la segunda fase del *Fab Lab* se cerraría con unas máquinas eléctricas, para aumentar el servicio ofrecido y mejorar las posibilidades a la hora de realizar trabajos manuales dentro del laboratorio. Los diferentes equipos pertenecerían a una misma marca, con el fin de disponer del mismo servicio técnico en el caso de mantenimiento o reparaciones. Esto no quiere decir que no se puedan adquirir otros equipos de diferentes marcas o prestaciones:

- Un aspirador (GAS 20 L SFC Professional) de 19 litros de capacidad para facilitar el mantenimiento y limpieza del espacio de trabajo, concretamente en las zonas de operaciones manuales debido a que se produce polvo en operaciones de corte o deshechos de materiales. (PVP: 2 x 279€)



- Dos taladros básicos (GSB 14,4 V-EC Professional) para operaciones de taladrado o atornillado, que permitan realizar todo tipo de operación en una amplia variedad de materiales, como madera, plásticos o metales. (PVP: 2 x 159€)



- Dos sierras de calar (GST 10,8 V-LI Professional) para operaciones de corte, pues en ocasiones se puede resolver un corte mediante este tipo de equipos sin necesidad de usar una fresadora o la cortadora láser. (PVP: 2 x 259€)



- Dos lijadoras (GSS 23 AE Professional) para el tratamiento de superficies, con el fin de mejorar los acabados superficiales de las piezas o los materiales que se tengan en el laboratorio. (PVP: 2 x 165€)



- Dos fresadoras de mano (GKF 600 Professional) para operaciones de fresado que no necesiten una gran precisión. (PVP: 2 x 235€)



Suponiendo que se adquiriese este equipamiento, el coste total, más el de un paquete básico de herramientas necesarias para su uso, se estima entre 2.500 y 3.000 euros. Con ello se obtiene una notable mejora en la oferta de operaciones manuales dentro del *Fab Lab*.

Si se suma el nivel de equipamiento total planteado para la segunda fase, sería aproximadamente de 15.000 euros. A esta cantidad habría que sumarle una partida de consumibles, accesorios o herramientas manuales complementarias a las planteadas para la primera fase. Así, se estima que para la implantación de esta segunda fase del *Fab Lab*, la inversión requerida estaría en torno a los 20.000 euros.

Con este nivel de equipamiento, ya se cumplirían casi todos los requisitos que exige la *Fab Foundation* para vincularse a la red global de *Fab Labs*. Con el propósito de cumplir con todos, se plantea establecer una red de laboratorios colaboradores para aprovechar el equipamiento ya disponible en otros laboratorios de la escuela o de otros centros de la ULPGC. Por ejemplo, para el desarrollo de sistemas electrónicos ya se dispone de varios laboratorios con personal especializado en el diseño, montaje y pruebas de estos sistemas.

3.2.3. Organización

En esta parte del proyecto se propone potenciar el modelo de **participación directa**, a diferencia de la primera fase, lo que no excluye el uso del modelo de participación indirecta, ya que puede haber usuarios interesados en uno u otro modelo de participación.

Siguiendo el modelo de gestión del *Fab Lab* Terrassa, se propone un sistema organizado mediante abonos de tipo mensual, trimestral o semestral. Se debe tener en cuenta

el desarrollo de trabajos o proyectos que puedan realizarse a lo largo de los dos semestres en los que están organizados las nuevas titulaciones.

Los usuarios que no sean abonados podrán hacer uso normal del *Fab Lab*, pero con diferentes precios, adaptados a cada tipo de usuario: vinculado a la ULPGC o externo. Los precios para los usuarios vinculados a la universidad serían más económicos, y permitirían un uso preferente del laboratorio.

Si partimos de la base de que solo hay dos perfiles de usuarios, los diferentes roles que podrían tener los usuarios del Fab Lab EIIC-ULPGC serían los siguientes:

- **Abonado.** Los abonados podrán adquirir sus abonos de carácter mensual, trimestral o semestral, tras abonar la cuota respectiva. Los abonados universitarios tendrían una tarifa más reducida que los abonados externos, pero dispondrían de los mismos beneficios dentro del *Fab Lab*.
- **No abonado.** Los usuarios que no sean abonados deberán hacer uso del laboratorio de manera normal, y pagarían únicamente el coste de la máquina por hora para la tarea que quieran llevar a cabo. Los no abonados pertenecientes a la comunidad universitaria tendrían unas tarifas más reducidas que los abonados externos.

Aquellos usuarios que se abonasen al *Fab Lab* tendrían unas horas determinadas y gratuitas al mes para el uso de los diferentes equipos, además de unas tarifas más económicas. También, podrían obtener descuentos en el precio de los cursos formativos que se impartan dentro del laboratorio.

Las cuotas de los abonados se calcularía estimando los costes medios de un usuario estándar a partir del uso de los diferentes equipos del laboratorio.

3.3. Fase 3: Implantación del *Fab Lab* definitivo

La tercera fase del *Fab Lab*, considerando un escenario ideal, se plantearía a medio plazo, pues requeriría de un equipamiento complementario de mayores prestaciones y de un espacio específicamente orientado para esta finalidad.

3.3.1. Ubicación

El espacio que se ha propuesto para el desarrollo de las dos primeras fases del *Fab Lab* no sería adecuado si se desean mantener las actividades que actualmente se están desarrollando en el “Aula de Informática de Libre Acceso”. Lo conveniente sería disponer de un espacio diseñado para las funciones de un laboratorio de estas características.

Para desarrollar un *Fab Lab* completo, no se precisa de infraestructuras complejas, sino de un espacio donde poder trabajar con los diferentes equipos, así como un área dedicada al trabajo con herramientas manuales.

Otros *Fab Labs* han resuelto estos problemas de espacio mediante el uso de contenedores prefabricados, similares a los empleados como oficinas técnicas en obras de edificación civil. Un solo contenedor resultaría un espacio insuficiente para desarrollar la actividad de un *Fab Lab* completo (aproximadamente 15 metros cuadrados), pero se plantea la posibilidad de agrupar más de un contenedor para obtener un espacio de mayor superficie. Una serie de estos contenedores, distribuidos de forma que se adapte al espacio disponible, formaría el espacio del *Fab Lab*.



Ilustración 38. Ejemplo de oficinas prefabricadas (Fuente: Consmetal)

Ubicaciones posibles podrían ser el aparcamiento situado junto a la zona de talleres y laboratorios de la EIIC, o la plaza de acceso al edificio de ingenierías desde la parte central de ese aparcamiento. Esta última podría ser la más adecuada, pues dispondría de espacio exterior suficiente para el desarrollo de trabajos de mayores dimensiones, con lo que se revitalizaría y aprovecharía mejor ese espacio de la Escuela.

Existen, por otro lado, *Fab Labs* equipados en el interior de contenedores de transporte, con la ventaja de que pueden trasladarse con facilidad y poder ampliarse mediante la unión de varios.



Ilustración 39. *Fab Lab* en el interior de un Contenedor de Transporte (Fuente: FabLabMini.nl)

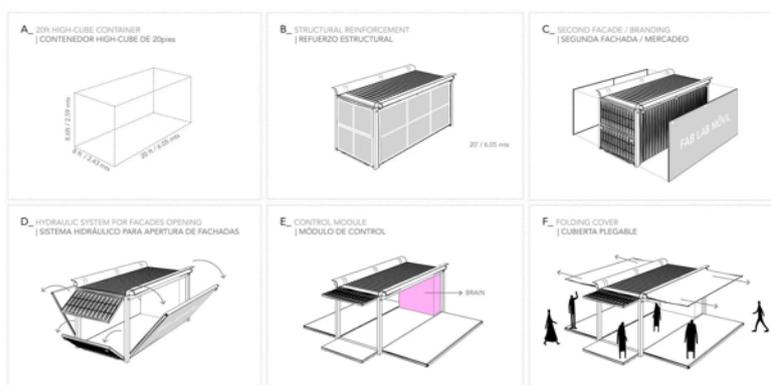


Ilustración 40. Diagrama de un *Fab Lab* en un Contenedor de Transporte (Fuente: FabLabMovil.nl)

Esta solución planteada para la implantación de la tercera fase del *Fab Lab* no se considera ideal, pero, dadas las restricciones de espacio que existen en el centro, se propone como una alternativa razonable. No requiere de grandes inversiones y podría estar disponible en un periodo relativamente corto de tiempo.

3.3.2. Equipamiento

Por la rápida evolución de estas tecnologías, resulta arriesgado proponer equipos concretos cuando la inversión se acometería a medio o largo plazo. Se debe tener en cuenta que los equipos propuestos en las dos fases anteriores son de prestaciones limitadas, pues se

priorizaron unos niveles de coste medio/bajo. Es por ello que se debe pensar en complementar estos equipos con otros de mayores prestaciones y aumentar el número de los que se hayan realizado un uso más intensivo.

3.3.3. Organización

El modelo que se pretende seguir en la última fase de implantación del *Fab Lab* es el mismo que se ha propuesto para la segunda fase, es decir, un **modelo mixto** en el que, además de usuarios que contraten sus servicios, se pueda hacer una participación directa mediante cuotas para abonados y no abonados que permitan autofinanciar el propio laboratorio. Respecto a los recursos humanos, lo adecuado es que una instalación de este tipo cuente con personal de dedicación exclusiva, y con el apoyo de estudiantes.

Con vistas a conseguir un uso más racional de los recursos disponibles, se propone para el *Fab Lab* un funcionamiento de trabajo colaborativo con otros laboratorios de la misma escuela, e, incluso, de otros centros que complementen las actividades que se puedan desempeñar dentro del mismo.

Algunos laboratorios de la escuela ya están equipados con las tecnologías similares a las propuestas en el *Fab Lab*. Sin embargo, son utilizados para impartir prácticas de laboratorio de múltiples asignaturas de varias titulaciones, desarrollar actividades de investigación o de cooperación con empresas externas. Por esta razón, se plantea que el *Fab Lab* se integre en una red de laboratorios colaboradores que se beneficiarían mutuamente del equipamiento disponible.

4. Gestión del *Fab Lab*

El modelo de gestión propuesto recoge tanto las necesidades de recursos humanos para su correcto funcionamiento como la gestión de tiempo de uso y los costes asociados.

4.1. Recursos humanos

El *Fab Lab* EIIC-ULPGC podría estar gestionado, principalmente, por alumnos interesados en trabajar en dicho espacio y que, además, actuarían como personal de apoyo para el resto de usuarios. Son tres las **vías** para que el alumno pueda acceder al *Fab Lab*:

Una de las vías sería mediante un **reconocimiento de créditos por actividades no incluidas en el plan de estudio** que se esté cursando, acorde con el “reglamento para el reconocimiento académico de créditos por la participación de actividades universitarias, culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación de los estudiantes de la ULPGC”, aprobado en el BOULPGC de marzo de 2012 y modificado por acuerdo del Consejo de Gobierno el 4 de febrero de 2014.

En dicho reglamento, se recoge que la universidad reconocerá créditos, cuyo contenido atenderá a la participación de los estudiantes en las siguientes actividades universitarias, clasificadas en 4 grandes grupos (ACDRSC).

- **Actividades de carácter formativo o cultural**
- Actividades deportivas
- Actividades de representación
- Actividades solidarias o de cooperación

Se podrá reconocer **un máximo de 3 créditos** por grupo de actividades y un total de 6 créditos, que es el límite establecido para el reconocimiento.

Las actividades que desarrollaría un alumno dentro del *Fab Lab* quedarían englobadas dentro del primero de los grupos enumerados anteriormente. Teniendo en cuenta que un crédito equivale a 25 horas, para reconocer 3 créditos se deberán realizar 75 horas en laboratorio.

Otra vía sería mediante la **asignatura de prácticas externas**, donde el estudiante tiene que realizar 12 ECTS, que equivalen a un total de 300 horas. De ellas hasta unas 250 horas podrían llegar a ser presenciales en el laboratorio. Una parte de ellas sería de formación en las tecnologías disponibles, y el resto, de servicio a las actividades del *Fab Lab*.

Una tercera vía serían las **becas de colaboración** de la escuela, semestrales o anuales, otorgadas a estudiantes ya capacitados en las tecnologías del *Fab Lab*.

La solución más adecuada sería probablemente una combinación de las tres vías, que permitiría que con un número de entre 6 y 8 estudiantes se pueda cubrir todo un curso

académico. Un mismo estudiante podría empezar haciendo un reconocimiento de créditos por esta actividad, durante la cual se está formado, y, posteriormente, solicitar realizar las prácticas externas en el laboratorio, continuando su formación y capacitación. Incluso, podría optar a solicitar para el siguiente semestre una beca de colaboración del centro.

La responsabilidad y coordinación del laboratorio deberían recaer en un docente, miembro del equipo de dirección del centro u otro docente en quien se delegue, y contar con la colaboración de un grupo de otros docentes y técnicos de laboratorio implicados en el correcto funcionamiento del *Fab Lab*.

Dado que el *Fab Lab* es un laboratorio en el que fundamentalmente van a desarrollar sus trabajos los alumnos, la creación de una asociación por parte de los estudiantes facilitaría, en primer lugar, la gestión y coordinación del *Fab Lab*; en segundo lugar, por causa de la interacción entre estudiantes, un aprendizaje cooperativo; y, por último, desarrollar una acción tutorial para alumnos o usuarios que acceden por primera vez al laboratorio. En este sentido, las experiencias llevadas a cabo por las asociaciones constituidas en la ETSIDI (Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial) de la Universidad Politécnica de Madrid, con el apoyo de esta institución, demuestran que se mejora el ambiente de trabajo, que permite adquirir competencias transversales de trabajo en grupo y aspectos tan importantes como la sociabilidad, autogestión, comunicación y mejora de los resultados (12).

Siguiendo este modelo, se propone que el servicio del *Fab Lab* esté dirigido por agrupaciones de alumnos que puedan tener formación previa en el uso de las tecnologías, herramientas y máquinas que se puedan encontrar dentro del laboratorio.

4.2. Gestión de tiempos y costes

4.2.1. Costes

La filosofía de la red global de laboratorios de la *Fab Foundation*, al igual que el *Fab Lab* EIIC-ULPGC, es la de dar un servicio sin ánimo de lucro. No obstante, el espacio generará unos gastos que se pretenden cubrir con las cuotas de los abonados y los pagos por el uso de máquinas o materiales por parte de los usuarios.

Los diferentes equipos que se encuentran en el *Fab Lab* deberán someterse a un mantenimiento periódico para mantener las máquinas en buenas condiciones. Esto generaría un gasto, así como las reparaciones que se debieran realizar cuando éstas se estropeen.

Así mismo, los equipos requerirán en su mayoría un nivel de consumibles específicos que habrá que ir adquiriendo a medida que estos se agoten. Respecto a los materiales y consumibles genéricos, serán aportados, en principio, por los propios usuarios, y, en casos particulares, serán facilitados por el laboratorio, pero costeados por el usuario. Un ejemplo concreto serían los materiales para las impresoras 3D del que, salvo en algún caso concreto, el laboratorio dispondría en pequeñas cantidades y que tendría que reponerse con regularidad.

Los costes por uso de este laboratorio se determinarían mediante el consumo de materiales y/o tiempo. Con la idea de autofinanciar el espacio y garantizar de esta manera su sostenibilidad, el dinero recaudado en el *Fab Lab* ayudaría a cubrir los gastos de materiales y mantenimiento y reparación de equipos.

4.2.2. Tiempos

El tiempo de uso en el *Fab Lab* no puede ser ilimitado para los usuarios, ya que se podrían dar situaciones de que unos pocos acaparasen todos los equipos durante amplios periodos de tiempo. Para evitar que esto ocurra, debe establecerse un valor límite de tiempo para cada usuario, por día o por semana, para conseguir un uso más repartido entre todos los usuarios.

Otros *Fab Labs* establecen sus tiempos máximos de uso en función de los tiempos medios de cada equipo para la fabricación de una pieza. No es el mismo tiempo el que dedicará una cortadora láser a hacer un grabado en madera que el que necesitará una impresora 3D para hacer una pieza en plástico, por ejemplo.

De igual manera, se propone establecer un tiempo mínimo para cada equipo, dado que el pago de las máquinas sería por horas de trabajo de la misma, ya que calcular la parte proporcional a 5 minutos, no sería correcto. La franja mínima de tiempo debería ser de media hora.

Cuando se desarrollen trabajos en grupos, no se permitirá que cada componente del grupo ocupe una franja de tiempo para un mismo equipo, con la intención de disponer de un mayor tiempo de uso en máquina. La persona que esté a cargo del *Fab Lab* en ese momento deberá procurar percatarse de situaciones similares a esta para impedir que ocurra.

5. Propuesta formativa del *Fab Lab*

El *Fab Lab* EIIC-ULPGC ofrecerá un plan de formación para que los usuarios del mismo puedan conseguir un mejor aprovechamiento global del laboratorio y de sus capacidades. También buscará evitar que las actividades que puedan ser realizadas fuera del mismo no ocupen tiempo de disponibilidad de los recursos del *Fab Lab*.

Se plantean dos tipos de cursos: unos de formación general y otros de capacitación. Los primeros serán principalmente de introducción a los contenidos que se han de tratar y de uso de herramientas de software genérico; los segundos buscan conseguir un nivel de dominio mínimo necesario en el uso de las tecnologías, que permita al usuario operar directamente con los equipos disponibles de forma autónoma.

Los cursos estarán estructurados por niveles, de tal forma que el usuario se decida por el que cumpla mejor con sus necesidades formativas en esa materia. Habrá un nivel básico e introductorio, y otros más específicos en función de los diferentes equipos y software. También tendrán una estructura modular, de forma que se puedan cursar de manera independiente y en el orden que se necesiten, pero que tengan cierto grado de complementariedad entre ellos, para que, en conjunto, puedan ser ofertados como cursos de postgrado de especialización.

Estos cursos serían principalmente en modalidad semipresencial o *B-learning*, de tal manera que la descripción de contenidos se pueda realizar de forma autónoma y fuera del *Fab Lab*, mientras que la parte de aplicación práctica del curso se realizaría en el laboratorio.

Los tipos de cursos que se ofrecerían, serían los siguientes:

- En primer lugar, se ofrecería un curso de carácter obligatorio para cualquier usuario que solicite hacer uso del *Fab Lab*, tanto de manera directa como indirecta. Este curso se ofertaría de manera gratuita y en varias ocasiones cada semestre. Los contenidos que

se impartirían en el mismo incluirían las normas de uso del *Fab Lab*, así como una descripción general de las tecnologías disponibles y el modelo de gestión del laboratorio.

- En segundo lugar, se ofertarían cursos de especialización o talleres por cada uno de los equipos disponibles. Estos cursos abordarán los aspectos generales y técnicos de la tecnología concreta y las capacidades y limitaciones del equipo específico disponible. Esta formación capacitaría a los usuarios que los cursen los conocimientos necesarios para el uso de estos equipos. Para obtener el certificado de capacitación se deberían someter, de manera optativa, a una prueba práctica para demostrar el dominio en el uso de esos equipos. Con ello se podrían tener más garantías para un uso autónomo, apropiado y responsable del equipamiento. Estos cursos podrían tener una duración variable en función del equipo (en otros *Fab Labs* similares rondan un tiempo medio de entre 4 y 6 horas).
- También se ofertarían cursos de especialización en diferentes herramientas de software que son empleados en estas tecnologías. Muchos de los usuarios pertenecientes a la EHC sabrán utilizar este tipo de programas, pero puede haber usuarios externos a la escuela que carezcan de esos conocimientos. Así mismo, se podrían traer a profesionales del sector para que impartan cursos de otros softwares gráficos que no se aborden en las titulaciones de ingeniería.

Se propone, a medio plazo, la posibilidad de ofertar cursos de extensión universitaria compuestos por varios de los cursos específicos, y que actuarían como módulos del mismo. Un curso en Fabricación Digital, en el que se ofrecería al usuario la posibilidad de aprender el uso de los diferentes equipos, procesos, softwares, etc., necesarios para tener las capacidades de desarrollar casi cualquier tipo de trabajo o proyecto bajo estas tecnologías. Incluso, se podría plantear, si la demanda lo justifica, algún título propio de postgrado, completando así una amplia propuesta formativa orientada a estudiantes con perfiles técnicos.

Los cursos se deberían ofertar de forma periódica varias veces a lo largo de cada semestre, para poder facilitar la accesibilidad al espacio a cualquier usuario que pudiera llegar en diferentes momentos a lo largo del año. Estos cursos podrían incrementarse si la demanda

resultase muy elevada, y organizarse, por ejemplo, dos cursos para una misma máquina en el mismo periodo de tiempo. Los horarios de los mismos serían establecidos por la organización.

La inscripción para los cursos podría efectuarse mediante aplicaciones web o mediante formulario, que se entregaría en el mismo laboratorio. El plazo para inscribirse se cerraría 24 horas antes del inicio del curso, siendo requisito indispensable la formalización del pago del curso en cuestión antes de que se cierre dicho plazo. Esto permitiría organizar el día antes los horarios reservados para cada máquina, lo que permitiría una mejor organización y gestión del *Fab Lab*.

Los precios de los cursos de capacitación, de igual modo, serían establecidos por la organización, que intentaría unificar los precios de forma que cada curso tuviese el mismo valor para cualquiera de los equipos del laboratorio. Otros *Fab Labs* universitarios ofertan este tipo de cursos, y diferencian precios entre usuarios externos a la universidad y usuarios de la comunidad universitaria. Tomando estos espacios como referencia, en otros lugares de España establecen unos precios en torno a los 20 euros por curso para toda la comunidad universitaria y de 40 euros para usuarios que no pertenezcan a la misma.

En definitiva, esta propuesta formativa cubriría las necesidades de los distintos usuarios, desde cursos de contenidos básicos y de carácter general, sobre normas del *Fab Lab* y correcto uso del equipamiento, hasta otros más especializados con el fin de obtener el máximo rendimiento de los equipos disponibles.

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES

Capítulo 5: Conclusiones

Con la realización de este TFT, se ha planteado una propuesta de diseño de un *Fab Lab* en la EIIC de la ULPGC. Un espacio que serviría para consolidar los contenidos teóricos recibidos en el aula; complementar la formación en tecnologías de fabricación digital y otras tecnologías relacionadas con las mismas; desarrollar trabajos y proyectos tanto personales como académicos; y, por último, interactuar con usuarios de otras disciplinas y compartir conocimientos. De este trabajo se han podido obtener las siguientes conclusiones:

1. Un *Fab Lab* es un espacio donde las personas que participan, independientemente de su perfil, pueden crear, compartir y aprender juntas, al darles acceso a un conjunto de tecnologías que les permiten desarrollar ideas que rápidamente se pueden concretar en productos reales.
2. Estos espacios se están extendiendo muy rápidamente en muchos tipos de entornos, logrando su dinamización al generar sinergias que dan lugar a iniciativas empresariales. Están siendo apoyados por instituciones públicas para fomentar el espíritu emprendedor y la creación de empleo.
3. Los *Fab Labs* son espacios que actualmente están siendo también demandados dentro del ámbito académico, pues se están implantando en muchos centros universitarios como herramientas de aprendizaje cooperativo y colaborativo para los estudiantes. En España, de los 27 *Fab Labs* reconocidos en la red internacional que los agrupa, aproximadamente la mitad se encuentran asociados a Universidades.
4. El *Fab Lab* EIIC-ULPGC, propuesto en este TFT, sería un medio que permitiría consolidar en los estudiantes la adquisición de muchas capacidades para el uso adecuado de estas tecnologías y que, a su vez, están siendo más demandados por los empleadores.
5. El *Fab Lab*, por lo tanto, surge de la necesidad y demanda de estudiantes, de varias titulaciones de la EIIC, de un laboratorio con los equipos y herramientas necesarios para poder desarrollar sus trabajos y, de este modo, aprovechar este espacio para ampliar el servicio que puede ofrecer la escuela a su entorno social, y conseguir una mayor difusión de las actividades que se pueden realizar.

6. Durante la realización del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, el alumno ha adquirido un componente teórico muy sólido, que podría reforzarse de forma significativa con el componente práctico que aportaría un Fab Lab, consolidando los conocimientos impartidos en las aulas y otros laboratorios.
7. Los usuarios de este laboratorio podrían encontrar, afrontar y solucionar problemas que son difíciles de abordar en las aulas. Estos laboratorios proporcionarían un espacio donde trabajar directamente con tecnologías de fabricación digital. Se aprendería, por ejemplo, que realizar con buen resultado una impresión 3D no solo requiere modelar la pieza y pulsar un botón de imprimir, sino que implicaría una labor de preparación adecuada a la calidad que se pretende conseguir con la tecnología que se quiere usar.
8. El conjunto de conocimientos aprendidos, en muchas asignaturas a lo largo de estos años de formación académica, me han ayudado en la realización de este TFI. Este trabajo me ha permitido poner en práctica muchos de esos conocimientos, desde el análisis conceptual de la materia a trabajar, pasando por el uso de herramientas de diseño y modelado, de análisis técnicos y económicos y, por supuesto, de procesos avanzados de fabricación.

CAPÍTULO 6.

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 6: Bibliografía

1. Definición de producto — Definicion.de [Internet]. Definición.de. [citado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://definicion.de/producto/>
2. prototipo | Real Academia de Ingeniería [Internet]. [citado 30 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/prototipo>
3. Fabricación digital: Siemens PLM Software [Internet]. [citado 27 de noviembre de 2016]. Disponible en: https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/digital-manufacturing.shtml
4. Prato SC, Britton L. Digital Fabrication Technology in the Library: Where We Are and Where We Are Going. Bull Assoc Inf Sci Technol. 1 de octubre de 2015;42(1):12-5.
5. Fab Foundation – About Fab Foundation [Internet]. [citado 28 de noviembre de 2016]. Disponible en: [index.html](http://www.fabfoundation.org/index.html)
6. About | Fab Academy [Internet]. [citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://fabacademy.org/about/>
7. Adiós escayola: Prótesis impresa en 3D con electroestimuladores [Internet]. ELMUNDO. 2015 [citado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.elmundo.es/economia/2015/07/02/559410f2e2704e40378b4590.html>
8. El impacto de la Impresión 3D en la Arquitectura [Internet]. Sicnova3D. 2014 [citado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://sicnova3d.com/blog/el-impacto-de-la-impresion-3d-en-la-arquitectura/>
9. Ingeniería biomédica [Internet]. Ingeniería biomédica. [citado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.ingenieriabiomedica.org/single-post/2015/09/03/Joven-esp%C3%B1ol-gana-el-premio-Best-Medical-Project-de-los-GLOBAL-FAB-AWARDS-2015-por-una-incubadora-low-cost>
10. Fab Lab ETSIDI – Ingenia Madrid – Learning by Doing [Internet]. [citado 6 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://fablabetsidi.com/>
11. FabLab | Laboratorio de Fabricación Digital de la ULL [Internet]. [citado 6 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://fablab.webs.ull.es/>
12. VV. AA. Contribución de las asociaciones universitarias a la formación integral de los estudiantes de la ETSIDI - UPM. En 2016.
13. Entrevista a Mitch Resnick: el movimiento Maker no se trata sólo de hacer Electrónica « Hacedores.com | Maker Community [Internet]. [citado 7 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://hacedores.com/entrevista-a-mitch-resnick-el-movimiento-maker-no->

se-trata-solo-de-hacer-electronica/

14. Alicia Guerra Guerra, Lydia Sánchez de Gómez. Exploración de la creación de valor de un fablab universitario. CINAIC. Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad. [Internet]. 2015 [citado 11 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://138.4.83.162/congreso/cinaic/sic/>
15. Fab Foundation – The Space [Internet]. [citado 1 de julio de 2016]. Disponible en: <http://fabfoundation.org/fab-labs/setting-up-a-fab-lab/the-space/>
16. Gershenfeld N. Neil Gershefeld habla acerca de los «Fab Labs» [Internet]. [citado 29 de junio de 2016]. Disponible en: https://www.ted.com/talks/neil_gershenfeld_on_fab_labs?language=es
17. Fab Lab Toulouse [Internet]. [citado 7 de julio de 2016]. Disponible en: <http://www.artilect.fr/machines/>
18. FabLab Terrassa [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <http://fablabterrassa.org/>
19. Definición de taller — Definicion.de [Internet]. Definición.de. [citado 17 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://definicion.de/taller/>
20. Pioneros del «media lab» [Internet]. [citado 29 de junio de 2016]. Disponible en: http://www.elcultural.com/articulo_imp.aspx?id=23282%20
21. Martín J, José Manuel Ruiz Martín. El crecimiento de los open sources de fabricación digital y su implementación en el media lab. De la high-tech al do it yourself. ComHumanitas. 1 de diciembre de 2015;6(1):67-81.
22. ASALE R-. Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario [Internet]. Diccionario de la lengua española. [citado 17 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
23. Fab Lab UPM Colaboratorio [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: http://colaboratorio.eu/Public_html/FabLab_UPM/
24. País EE. La nueva tendencia tecnológica se llama ‘movimiento maker’ [Internet]. EL PAÍS. 2016 [citado 7 de octubre de 2016]. Disponible en: http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2016/09/22/actualidad/1474560262_851948.html
25. Instalaciones del centro [Internet]. [citado 1 de julio de 2016]. Disponible en: http://www.eiic.ulpgc.es/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=211&Itemid=258&lang=es
26. Definición ABC [Internet]. Definición de Manufactura. [citado 19 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/general/manufactura.php>

27. Fab Lab Alicante - Servicios [Internet]. Fab Lab Alicante. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <http://fablab.ua.es/servicios/>
28. País EE. Artesanos del 'byte' [Internet]. EL PAÍS. 2013 [citado 29 de junio de 2016]. Disponible en: http://ccaa.elpais.com/ccaa/2013/10/17/madrid/1382033493_228128.html
29. Labs | FabLabs [Internet]. FabLabs.io - The Fab Lab Network. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <https://www.fablabs.io/labs?country=es>
30. Delgado A. El «movimiento maker» llega a los negocios [Internet]. Emprendedores. [citado 7 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://www.emprendedores.es/gestion/movimiento-maker-diy-david-cuartielles>
31. Fab Lab Barcelona [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: http://fablabbcn.org/fab_pro.html
32. DEUSTO Fab Lab [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <http://ingenieria.deusto.es/cs/Satellite/ingenieria/es/facultad-ingenieria>
33. FabLab Sevilla [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <http://fablabsevilla.us.es/>
34. What is a Fab Lab? [Internet]. Fab Foundation. 2013 [citado 25 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.fabfoundation.org/fab-labs/what-is-a-fab-lab/>
35. Fab Lab Baltimore [Internet]. Fab Lab Baltimore. [citado 7 de julio de 2016]. Disponible en: <http://www.fablabaltimore.org/equipment.html>
36. Tratamientos superficiales post-impresión 3D (I). Tratamientos mecánicos. [Internet]. Impresión 3D Prototipado | 3D Printing Prototyping | Dima 3D. 2015 [citado 1 de julio de 2016]. Disponible en: <http://www.dima3d.com/tratamientos-superficiales-post-impresion-i-tratamientos-mecanicos/>
37. Fab Lab Veritas [Internet]. [citado 7 de julio de 2016]. Disponible en: <http://fablab.veritas.cr/servicios.php#3d>
38. FabLab UEM [Internet]. [citado 6 de julio de 2016]. Disponible en: <http://esp.uem.es/fablab/es/>
39. Definición de prototipo — Definicion.de [Internet]. Definición.de. [citado 15 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://definicion.de/prototipo/>

ANEXOS

ÍNDICE

ANEXO A. TECNOLOGIAS DE FABRICACIÓN DIGITAL EN BIBLIOTECAS	5
ANEXO B. IN3, INCUBADORA PARA PAÍSES DEL TERCER MUNDO	13
ANEXO C. FAB LAB SEVILLA, NORMAS DE USO Y GESTIÓN	17
ANEXO D. DATASHEETS	37
I. BQ HEPHESTOS	39
II. BCN3D SIGMA	43
III. FORMLABS FORM1+	47
IV. SENSE 3D	51
V. ROLAND STIKA SV-12	57

ANEXO A

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL EN BIBLIOTECAS

Digital Fabrication Technology in the Library: Where We Are and Where We Are Going

by Stephanie C. Prato and Lauren Britton

3D Printing and Digital Fabrication Technologies in Libraries and Museums

EDITOR'S SUMMARY

Makerspaces are environments where crafters and techies can come together to create, share and learn. Many libraries support the maker movement by providing access to a variety of technologies from sewing machines and looms to recording equipment and production tools, an expansion of services that is in line with promoting literacy, community and lifelong learning. About one third of makerspaces charged a fee or required membership in 2013, though some, including libraries and museums, are supported by major funding agencies. Digital fabrication technology or 3D printers are increasingly available through library-based makerspaces and extend opportunities for STEM education, but libraries face challenges from high initial and ongoing costs, user training and even encouraging users in 3D thinking and design. 3D printers can be a powerful stimulus for creativity, learning and sharing, even promoting jobs and community development.

KEYWORDS

digital modeling and fabrication
makerspaces
3D printers
library and archival services
access to resources
diffusion of innovation
lifelong learning
creativity
communities

Touted as havens for techies, artists and entrepreneurs, makerspaces are being developed at an astounding rate, both domestically and internationally. Creative, do-it-yourself spaces where people can gather to create, invent and learn, makerspaces are perceived as powerful learning environments, supporting project-based learning, design learning and experiential learning. The maker movement creates a hybrid of digital and face-to-face community interaction and has been cited as a means to empower individuals by creating access to tools and technology that democratize the means of production. Makerspaces in libraries often have 3D printers, software, electronics, craft and hardware supplies and tools and more. The promise is that these spaces enable communities, including those facing social and economic challenges, to create jobs, innovate and grow small businesses. It's an open question, though, to what extent this growth is occurring and when and where it is successful.

Stephanie Prato is a public librarian at MLIS Syracuse University. She is a graduate of the School of Information Studies at Syracuse University (2012). She is committed to providing community members with tools, opportunities and experiences that will enable them to be self-motivated, lifelong learners. Stephanie is interested in creating dynamic, hands-on learning opportunities in libraries, especially around making, STEM topics and digital creation. With experience in youth services, technology and instruction, she delights in helping people of all ages discover what the 21st century public library can do. She can be reached at [scprato<at>syr.edu](mailto:scprato@syr.edu).

Lauren Britton is a PhD candidate in information science and technology at Syracuse University. Her research lies at the intersection of human computer interaction and social theory, with particular interest in feminist science and technology studies and ubiquitous computing. Lauren's dissertation work explores the relationship between the human body and embedded/implanted technology. Lauren is a student researcher with the BITS Lab at Syracuse University. She can be reached at [lmbritto<at>syr.edu](mailto:lmbritto@syr.edu).

This article explores issues around the use of digital fabrication technologies in public library makerspaces in order to examine the incorporation of these technologies into library services and to suggest opportunities for future research.

Background

Makerspaces are operating as independent entities in schools, as well as in legacy institutions such as libraries and museums. While frequently described as community centers, most makerspaces are operating as independent entities and are membership-based. In 2013 over 30% of makerspaces required membership or a daily usage fee. Costs of membership at makerspaces can range anywhere from \$30-\$200 per month, and the more expensive memberships usually come with increased levels of access, such as a building key for 24/7 access to the space. However, major funding agencies, including the Institute for Museum and Library Services (IMLS), National Science Foundation (NSF) and Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) have funded grants to support and develop maker initiatives in more publically accessible spaces, particularly libraries and museums.

Making in libraries has been a popular topic of discussion for several years. The maker movement embraces innovation and creative problem solving through tinkering and hands-on exploration. Often it incorporates the use of emerging technologies and has been closely linked to 3D printing since the movement's inception. Today, the American Library Association estimates that there are over 250 library makerspaces across the United States; this expansion is clearly more than a fleeting trend. In addition to services like 3D digital fabrication, libraries are providing access to hardware, like laser cutters, vinyl cutters and milling machines, and to software that enables web design, video editing and audio creation. Whether in a dedicated space or not, libraries are increasingly committed to providing access to a diverse set of tools and learning opportunities. Makerspaces offer libraries a new way to provide access to tools, content, technology and community, bringing people together to share ideas. They support 21st century literacy skills, such as digital literacy and STEM

(science, technology, engineering, mathematics) literacy, but perhaps most importantly, makerspaces foster a read/write culture and enable community members to imagine what can be – with the potential to remake our world, for the better.

Since 2011, library makerspaces have grown both in numbers, as evidenced above, and in diversity. In addition to the increasingly ubiquitous 3D printer, these spaces have developed niche collections and services that fit the specific interests of their local communities. For example, some libraries have invested in looms, jewelry making tools, musical instruments, recording equipment, green screens and much more. Additionally, sewing machines are becoming more common, used by a range of community members from teens to small business owners. Libraries are also incorporating laser cutters, computer numerical control (CNC) mills and other computerized cutting technology that enables detailed and precise fabrication. On the low-tech side of the spectrum, libraries also provide access to hand tools like hammers, screwdrivers, saws, soldering irons and more. These items, while common in most households, encourage people to come together in the public space to work on projects they might otherwise do at home and to learn from others in the community as a result. Making these technologies available to the public not only allows people to experience and explore the equipment, but it also helps them to build new skill sets.

Libraries facilitate programs on 3D design, woodworking, jewelry making, sewing, computer coding, robotics, web development, recording and cinematography, just to name a few. And while these programs and services might seem like a radical departure from the so-called traditional library, they are merely a new twist on the age-old intent to foster lifelong learning. Educational institutions, like libraries, strive to create a savvy and knowledgeable public who can participate fully in modern life. Students and professionals are increasingly required to have advanced skill sets like analytical thinking and iterative problem solving, in addition to technical requirements like coding and 3D design. Makerspaces in libraries are well positioned to become the catalyst for this kind of personal, academic and commercial growth in the community. Perhaps this desire to be a catalyst is

why many library makerspaces and fab labs center their spaces on the newest and perhaps most disruptive technology of our time: 3D printing.

It's not hard to understand why this particular technology has captured the imagination of so many. The idea of printing a tangible object, of seemingly creating something ex nihilo, is nothing short of amazing. Many have talked about how potentially revolutionary this technology could be. Popular television shows depict doctors printing in human tissue to create organs for patients in need, and across the globe engineers in China have begun to print concrete houses. The implications for medicine, manufacturing and consumerism are staggering. As libraries are becoming better known for providing access to this kind of technology, fewer people are questioning the importance of the service or the appropriateness of the library as a platform. In some respects, the library community has been so successful in this messaging that generous community members have donated funds or the 3D printers themselves to their local libraries, and therein lies a problem.

Challenges

There are specific challenges that go hand-in-hand with the opportunity provided by 3D printing technologies. First, the cost of purchasing a 3D printer may be prohibitive for some libraries, and even after the initial investment the product of the printer (plastic, in most cases) is a consumable that must be replaced at a cost. Most libraries get around this hurdle by simply charging the cost of the plastic so as to break even on this budget line. Yet, even barring the financial investment, offering access to these technologies requires additional investments in the form of staff time and training. It is not enough to put a 3D printer in a public room and to call that access. 3D printers have come a long way in improving usability for the average person. Gone are the days where you had to buy the parts, assemble it and tinker with both the hardware of the machine and the software settings to achieve a usable plastic model. Today it is often as simple as plugging in the machine, downloading a pre-made 3D design file and hitting print.

In some ways, this simplicity is wonderful, as it allows for more users than ever before. Training simply becomes a matter of familiarizing people

with the software, the parts of the machine and the basic concept of printing by extruding layers of plastic. Training the public to use the 3D printer is a wonderful first step; however it isn't really achieving the promise that this technology holds. One goal of the maker movement is to increase innovation through tinkering and through creation, potentially reversing the slide into pure consumption. This activity also creates challenges around intellectual property and copyright.

In order to achieve true innovation, we must train people in 3D design, which is considerably harder. This process requires critical thinking, analysis and a lot of creativity. It's no wonder people sometimes look at these machines and think, what would I use that for? This is where we hear stories of printers that sit and collect dust, because there is no one trained to use them, or because people lack the skills to imagine how 3D printing might be relevant in their lives. Examples of where 3D printing has been most successfully integrated into library services center around the overlapping areas of broad access, in-depth training and community engagement.

What's Happening Now?

If one of the goals of providing access to 3D printing is to foster a culture of innovation, to empower our community to create and not just consume, libraries must train the public. This mission means that anyone, from a child to an adult, an entrepreneur to a hobbyist should have equal access to the equipment and the training. The next step is to provide broad access to 3D design training. Some libraries are providing this access through subscriptions to online databases and video tutorials like Lynda or Treehouse. Others are reaching out to community experts who can teach classes on Solidworks or work with individuals on specific issues they are having with a project. For beginner adults and kids, there are free, web-based programs like Tinkercad or Blender, which have a less steep learning curve and make it easier to get started with creating unique designs.

When all of these elements are combined, the results are nothing short of amazing. Libraries are providing a platform for prototyping new products. One 12-year-old entrepreneur designed and created a display board for cloth badges out of cardboard. He used the library's laser cutter to

produce the displays, which were so successful a major company for large-scale manufacturing purchased the design.

In addition to providing access to tools and technology, library spaces help provide people with access to other people. Because library makerspaces are public places for generating ideas and products, people often come together in unexpected but serendipitous ways. One man who spent many hours in the lab perfecting his prototype happened to start chatting with another man who was a copyright lawyer able to give him advice on patenting his design. In a space buzzing with activity, with people printing, cutting, sewing, crafting and more, all kinds of connections are made, which spark ideas and connections that could never be achieved alone.

But 3D printers support more than just entrepreneurial activities; they are also utilized by people who seek to repair something (a light fixture, a water fountain, an iPad mount, etc.) by printing a new part as opposed to buying a whole new product. Lastly, they are a great tool of the hobbyist and the artist. A woman prints beautiful 3D designed beads for her jewelry company. From the plastic model, she is able to create molds into which she pours the resin to make more beads to sell. Libraries should also encourage school-aged students who want to tinker and play with no practical purpose in mind, but they should encourage them to engage in the creative process, to dream up and make something that does not yet exist. It's not enough to just download and print something.

Conclusion

The discourse surrounding the maker movement, particularly in the political spectrum, focuses heavily on STEM education, manufacturing and job creation. It is the technology and tools that are ushering in what some have called the new industrial revolution. Through democratizing access to these tools, communities facing social and economic challenges might be given the opportunity to create jobs, grow small businesses and provide

unique platforms to learn 21st century skills. While identification with the term *maker* is not limited to those engaged with digital fabrication tools, most of the power and opportunity purported to emerge from making practices is strongly focused on STEM education and the tools of production.

Making has become a popular focus of study in the field of information science, particularly in the computer-supported cooperative work (CSCW) community. However, very little scholarly work has examined public library makerspaces and community use of digital fabrication technologies. As the incorporation of digital fabrication technologies moves beyond the public library to academic and special libraries, engagement with these technologies in library spaces has become an exciting and largely untapped topic for scholarly exploration. The following are among possible research directions:

- How are library patrons incorporating access to these technologies into their library use?
- What obstacles might librarians encounter while working with this technology?
- What obstacles might community members encounter while working with this technology?
- How do we assess the impact of creating access to these technologies?
- Does engaging with these technologies in libraries change community perceptions about the role of the library in the 21st century?
- How does use of digital fabrication technology in informal learning environments affect STEM learning outcomes in traditional academic settings?

As libraries invest significant financial and professional resources in digital fabrication technologies it becomes increasingly important to understand how they are being used and what makes access to these technologies meaningful to our users. ■

ANEXO B

IN3, INCUBADORA PARA PAÍSES DEL TERCER MUNDO

In³: una incubadora de bajo coste para países del tercer mundo

Massachusetts Institute of Technology & Universidad CEU San Pablo

Alejandro Escario Méndez

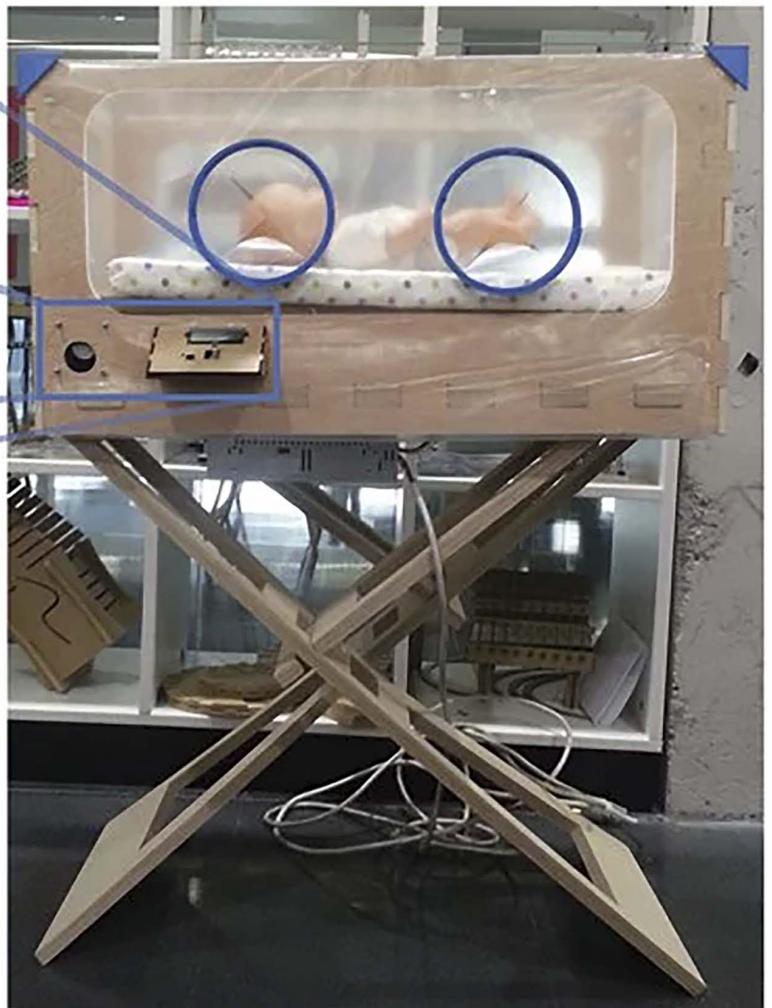
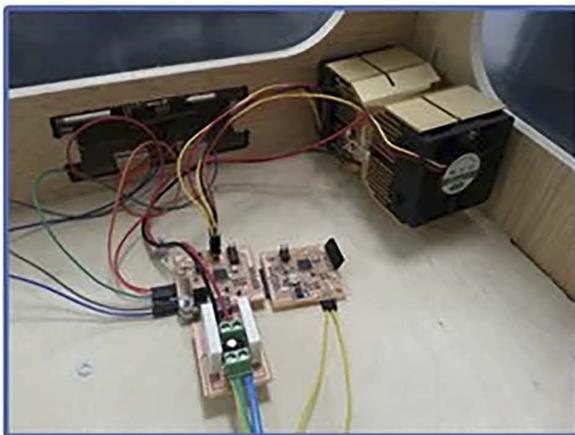


Massachusetts Institute of Technology



Introducción

Cada año miles de recién nacidos mueren a los pocos días de nacer. En algunos países del tercer mundo, este hecho se ve acrecentado por la falta de recursos o por no ser una prioridad frente a, por ejemplo, la contención de enfermedades. En muchas ocasiones organismos de países desarrollados donan material nuevo o usado a instituciones necesitadas. Desafortunadamente, una vez estropeado, en los países de destino no cuentan con los recursos necesarios para arreglarlos, convirtiéndose en basura. Por ello desde el Laboratorio de Fabricación Digital Madrid CEU proponemos un diseño de incubadora de bajo coste y fácilmente replicable por cualquier laboratorio similar alrededor del mundo. El diseño permite la creación de un dispositivo modular y fácilmente reparable



Production

El proceso de producción de la incubadora se ha simplificado lo máximo posible:

- La estructura se ha realizado en madera cortada con una CNC. No obstante es fácilmente reproducible por artesanos locales con herramientas tradicionales.
- Las piezas de plástico que se observan en la imagen se han realizado con técnicas de Impresión 3D, fácilmente replicables en otros materiales.
- El eje sobre el que se sustenta la cuna se puede replicar fácilmente haciendo uso de moldes y resinas.
- La electrónica se ha simplificado lo máximo posible, pudiendo encontrar la mayor parte de los componentes necesarios en cualquier Fab Lab del mundo. Elementos como los ventiladores o disipadores pueden reciclarse de antiguos ordenadores.

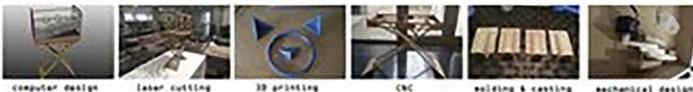
■ coste de todos los materiales utilizados para su fabricación es inferior a 150\$.

Resultado

La incubadora que puede observarse en la imagen permite regular la temperatura de su interior, controlar la humedad del ambiente e inclinar la cama haciendo uso de las diferentes muescas en las que enganchar las patas.

En Septiembre de 2015 será enviada una primera versión a la maternidad de Nikki (Benin). Gracias a ello, podrá analizarse su desempeño en destino para introducir mejoras en las siguientes versiones.

Production



Electronics

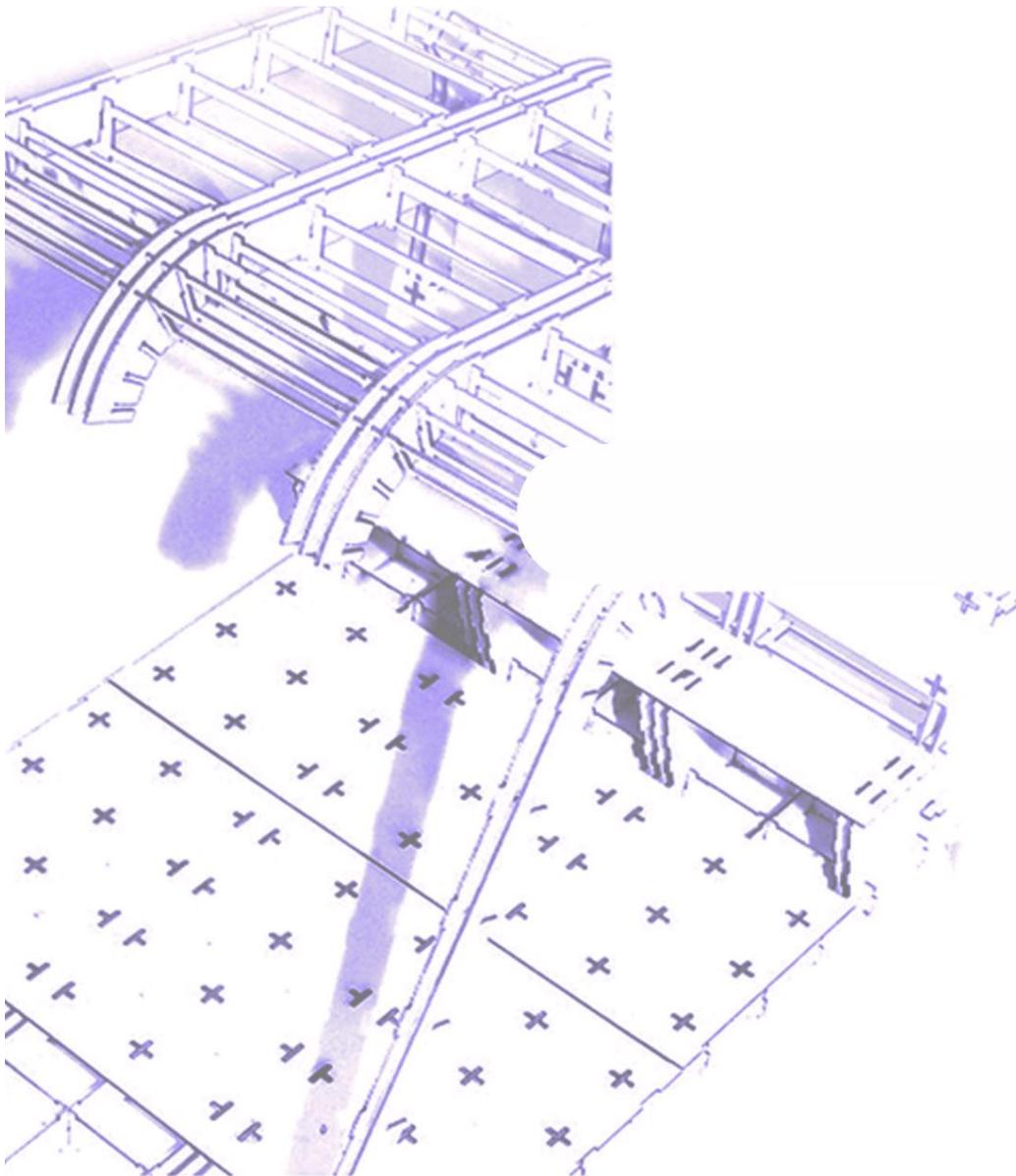


Nikki (Benin)
Septiembre 2015



ANEXO C

FAB LAB SEVILLA. NORMAS DE USO Y GESTIÓN



Fab – Lab: Condiciones de Uso y Gestión

Normas Particulares del Laboratorio de Fabricación Digital

OBJETIVOS
PREMISAS GENERALES
FORMACION
GESTIÓN DE RESERVAS, COBRO y MATERIALES
ORGANIGRAMA DE GESTIÓN GENERAL DEL FABLAB

Gestión de Servicios Generales

Gestión de Proyectos Docentes

Gestión de Proyectos I+D+I y FABLABS

COMUNICACIÓN y DIVULGACIÓN

ANEXOS

IND | **Fab – Lab: Condiciones de Uso**

Normas Particulares del Laboratorio de Fabricación Digital

A) OBJETIVOS

Este documento pretende servir como “*Guía Básica*” del procedimiento inicial de gestión, funcionamiento y uso del Laboratorio de Fabricación Digital (**Fab-Lab**) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla (ETSAS). El fin es asentar las pautas fundamentales de organización general del *Fab Lab Sevilla* y poder documentar los pasos a seguir a partir del curso académico 2011-12. Para todo ello, nos marcaremos uno objetivo muy concreto a corto plazo, que nos permita construir los cimientos con firmeza, y así, ir consolidando su presencia en la ETSAS como Laboratorio de Fabricación Digital al servicio de todo los programas docentes de nuestra Escuela, alumnos, profesores y grupos de investigación.

Ese primer objetivo será consolidarnos como un Laboratorio de Fabricación Digital “**AGIL**”, imprescindible para dar servicio a toda nuestra comunidad universitaria. La idea es desarrollar una gestión que permita un fluir ágil, eficiente, riguroso y plural de “*todos*” los trabajos que se realicen dentro del *Fab Lab*.

En este sentido, los puntos importantes a desarrollar para lograr nuestro objetivo sería:

- a) **PREMISAS GENERALES**
- b) **FORMACIÓN**
- c) **GESTIÓN DE RESERVAS y COBRO**
- d) **COMUNICACIÓN y DIVULGACION**

PREMISAS GENERALES

El Laboratorio de Fabricación Digital (**Fab Lab Sevilla**) forma parte del Centro de Innovación y Diseño (IND) dentro de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Es un servicio para la Universidad de Sevilla y particularmente para todos los estudiantes, profesores y grupos de investigación interesados en la fabricación digital de sus diseños y propuestas mediante maquinaria

sofisticada operada por Control Numérico. El *Fab_Lab* permite realizar actividades de fabricación de cualquier trabajo que utilice la conexión *File to Factory* para la manipulación de materiales a partir de instrucciones digitales. El *Fab_Lab* cuenta con equipamiento específico operado por control numérico, tales como: *Cortadoras Láser, Fresadoras 3 ejes, Impresoras 3D en resina, cortadora de vinilos y termoformadora.*

El objetivo del establecimiento de Normas Particulares de Uso en el *Fab_Lab* es tanto ofrecer a los usuarios unas condiciones de trabajo seguras como inculcar el conocimiento y respeto a los principios y procesos de fabricación digital como preparación para su vida profesional o académica en desarrollo. Además, dichas normas permitirán al usuario desarrollar sus tareas de fabricación de manera eficiente, gracias al entendimiento general de sus derechos y obligaciones dentro del *Fab_Lab*.

Podrá hacer uso preferente de las instalaciones toda persona vinculada a la universidad: estudiante, profesores, PAS y PDI. No se permitirá su uso para fines comerciales y/o profesionales sin el previo consentimiento de los responsables o de la Dirección de ETSAS. En ese caso, su uso se regulará mediante condiciones y normas previamente pactadas con los operarios del *Fab_Lab*, la dirección del centro IND y la dirección de la ETSAS mediante acuerdos o convenios previamente pactados.

El “**usuario**” es toda aquella persona autorizada mediante un curso de formación y con derecho a uso de la maquinaria operada por control numérico dentro de un tiempo determinado previamente reservado según condiciones de gestión y cobro. El “**operario**” es la persona responsable de las instalaciones y el único autorizado para operar las máquinas. Dado cualquier problema técnico o duda sobre el uso del *Fab_Lab*, el usuario seguirá las instrucciones del operario.

Horarios*: **Lunes a Viernes de 10am-3pm**

* Horarios sujetos a cambios los cuales se notificaran en los tablones de anuncio del *Fab_Lab*

B) FORMACIÓN

Junto con Gestión de Reservas, el capítulo de *Formación* es, quizás, el más importante de desarrollar ya que de ella depende el éxito de consolidar el Laboratorio de Fabricación Digital como espacio de apoyo a las diversas asignaturas y grupos de investigación de nuestro plan docente y, al mismo tiempo, una formación continua y bien distribuida garantizará el uso plural del *Fab-Lab* al servicio de toda la Escuela de Arquitectura de Sevilla.

Este proceso de consolidación del *Fab Lab* pasa por una constante tarea de formación a lo largo del curso académico, estableciendo la formación periódica como algo mecánico que sucede constantemente y es accesible a “*todos*”. Los diferentes vehículos de formación son:

1.- Formación Básica Periódica

La formación periódica está pensada principalmente para estudiantes que libremente opten por formarse en procesos de fabricación digital. Se organizarán cursos semanales de aforo y tiempo limitado: **Se especificará el día en tablón de anuncios del *Fab Lab* (max.**

40prs). En estos cursos se plantearán ejercicios personales y muy simples, que permita ir desde el archivo a la fabricación -File to Factory. **(Ver Anexo Formación Básica)**

2.- Formación Específica (Asignaturas y Grupos)

Para Profesores/Asignaturas o Grupos de investigación que deseen hacer uso de los procesos de Fabricación Digital dentro de sus programas docentes y/o proyectos de investigación, la formación específica permitirá diseñarles un plan de formación personalizado para todos los usuarios y que se adapte a las necesidades de los trabajos que proponen los profesores y/o investigadores. Es responsabilidad del profesor/investigador prever con tiempo y de manera pormenorizada el trabajo a desarrollar, para que el responsable del Fab Lab pueda organizar eficientemente las tareas de formación y reserva de las instalaciones.

3.- Formación Avanzada.

Cursos y talleres impartidos por personal externo, de larga duración y con el objetivo de formar a profesores/investigadores y personal docente en general. Cursos de 1 smn y aforo ilimitado. Dichos cursos o talleres se publicarán con anterioridad para la consecuente inscripción y organización personal de sus horarios.

*** En los procesos de formación, el alumno tomará nota de las Normas de Uso del *Fab Lab*, siendo condición indispensable la aceptación de las Normas de Uso.**

4.- Jornadas de Formación

Esta modalidad de formación se plantea a medio-largo plazo y su finalidad es organizar 2/3 veces al año una conferencia/ponencia en el *Fab Lab*, donde personalidades, instituciones y escuelas de arquitectura relacionadas con la fabricación hacen una breve presentación y/o actividad de demostración dentro del *Fab Lab*. Serán de corta duración y su misión es informar a nuestra comunidad universitaria sobre como los diferentes aspectos de la Fabricación Digital son tratados en otros lugares, culturas o entornos empresariales o industriales.

Además, un punto muy importante dentro de este capítulo es el mutuo acuerdo al que se llegará finalmente entre alumno y el *Fab Lab* una vez terminado su periodo de formación (básica o avanzada). La finalización del curso, y por lo tanto el derecho al uso del *Fab Lab*, significa aceptar las normas y condiciones del uso y mantenimiento de las instalaciones, las cuales se aceptarán mediante la firma mutua de un contrato básico tipo. De esta forma el usuario es consciente en todo momento de los derechos y obligaciones adquiridos para hacer uso y disfrute de las instalaciones de fabricación digital. **(Ver Anexo Contratos de Uso)**

Finalmente, tras la firma del contrato, el usuario pasará a una lista (base de datos) y formará parte de los usuarios acreditados para el uso del *Fab Lab*. Esta lista funciona a modo de Registro, donde se recopilan todos los datos académicos de los estudiantes: titulación, curso, profesores, grupo,

asignaturas...etc., con el fin de obtener el *perfil de usuario* más interesado en las tareas de fabricación digital y poder mejorar los servicios.

C) GESTION DE RESERVAS, COBRO y MATERIALES

Gestión de Reservas:

Debido a las dimensiones del *Fab Lab* en relación con la potencial demanda de usuarios dentro de nuestra masa académica, hay que advertir que el funcionamiento eficiente y plural del Laboratorio de Fabricación Digital depende directamente de una óptima gestión y organización de los tiempos de uso: **las reservas**. El objetivo principal es dotar al *Fab Lab* de una organización general que permita dinamizar la relación oferta-demanda, evitar colapsos en fechas claves, dar oportunidad distribuida y garantizar servicio a alumnos, profesores y grupos de investigación. El *Fab Lab* permite la reserva de maquinaria CNC y de puestos de trabajos necesarios para la preparación y post-producción de sus trabajos vinculados con fabricación digital.

¿Qué? Las reservas se consideran *espacios de tiempo* adquiridos por el usuario que da derecho al uso exclusivo de una determinada maquina y puesto de trabajo, independientemente del/los trabajo/s que realice durante dicho tiempo. Es responsabilidad del usuario el respetar las horas de comienzo y finalización de su reserva, obligando al usuario a organizar su trabajo de manera precisa dentro de esa franja horaria. Si el usuario no se presenta pasados 15min. desde el inicio de reserva, las maquinas y puesto de trabajo podrán pasar a disposición del siguiente solicitante. No es responsabilidad de los operarios el completar los trabajos de corte y fabricación dentro de las horas reservadas por el usuario.

¿Quién? Con el fin de garantizar su uso plural, las reservas podrán ser tanto individuales como grupales, obligando a todos los usuarios a la aceptación de las normas mediante firma de contrato. No obstante cada alumno podrá reservar únicamente bajo su nombre, cualquier intento de reservar con otro nombre podrá ser motivo de anulación de dicha reserva. Para usos grupales se apuntarán los nombres de todos aquellos que estén interesados en el uso del *Fab Lab*.

¿Cómo? Debido a los diferentes tiempos de fabricación, es aconsejable gestionar las reservas de manera particular para cada máquina. De esta forma se consigue optimizar los tiempos de fabricación y además se le permite al usuario completar su trabajo de manera satisfactoria. Es decir, una franja horaria más reducida para la cortadora láser y una más dilatada para la impresora 3d. (*i.e., Láser: 30min, Fresadora: 60min., e Imp. 3d: 120min.*). Por lo tanto, es importante conocer tanto el tipo de trabajo a realizar como las máquinas a utilizar y así determinar con exactitud las franjas horarias que se reservan. (*Ver Anexo Franjas Horarias*)

¿Cuándo?. Para que todos los usuarios se organicen con tiempo y al mismo tiempo tengan acceso y posibilidad de reservar, se establece un mapa de reservas con carácter mensual. De esta

manera, y pasado dicho periodo, el contador de reservas pasa a cero, ofreciendo nuevas oportunidades de uso para todos los públicos. Dicha actualización se realizará mediante la publicación mensual (en el tablón de anuncios) del nuevo mapa de reservas, pudiendo el usuario reservar in-situ desde el propio Fab Lab. *(Ver Anexo Mapa de Reservas)*

¿Cuánto?. Además, para impedir reservas masivas y posibles atascos en fechas críticas y con el fin de dar oportunidad a todos los alumnos y profesores, es conveniente limitar el tiempo máximo de reserva. Es decir, establecer un máximo de horas de reserva por día, quincena o mes:

Reservas Individuales: Reservas para alumnos máx. **2hrs. /día** –con simultaneidad de maquinaria permitida - y **5hrs. /semanales**

Reservas Grupales: Reservas grupales concertadas por asignaturas o I+D tendrán que gestionarse de manera particular).

Nota: En función de la ocupación del Fab Lab y en casos de mayor disponibilidad de horarios el usuario podrá exceder esta política de máximos y podrá ampliar su reserva para completar sus trabajos

El formulario de reserva ha de actuar, al mismo tiempo, como recaudador de datos, tanto de los trabajos que se van a realizar como de los alumnos y profesores que lo usan. Para esta etapa inicial de puesta en marcha del Fab Lab, resulta muy valioso reunir datos y hacer acopio de información específica del tipo de perfil de usuario al que damos servicio desde el F-Lab. Escuchando al usuario y conociendo sus inquietudes y habilidades podremos reaccionar frente a sus exigencias, con el único propósito de mejora general del servicio. Para ello, los formularios de reserva no son simples hojas donde los usuarios se apuntan sino que han de recoger toda la información específica posible, tanto personal como académica, que nos permita acumular información y convertir el conocimiento en cambio. *(Ver Anexo Formulario de Reservas)*

Gestión del Cobro:

El Fab Lab cobra tanto por el uso de máquinas como por la adquisición de materiales de su propio almacén. La gestión del cobro se hará mediante terminal TPV situada dentro del Fab Lab. El pago se realiza mediante cualquier **tarjeta de crédito** y sin comisión (Visa, 4B, Maestro, Master Card, 6000). En ningún caso se aceptará dinero en metálico ni otra forma de pago que la indicada. El uso de las máquinas requiere el pago de un precio simbólico por parte del usuario, el cual se ha estimado por debajo de los mínimos costes de mantenimiento de dichas máquinas. Además, el usuario podrá comprar material de corte y fabricación dentro del Fab Lab, el cual dispone de un listado de materiales ya testados, facilitando al usuario la tarea de búsqueda y transporte de materiales idóneos para su trabajo. *(Ver Anexo Listado Materiales)*

La tarifa de precios de corte y fabricación es la siguiente:

PARA ESTUDIANTES, PROFESORES y PDI

Cortadora Láser	12,50€/hora	(6€/30min. Con un mínimo de 3€)
Cortadora Láser 2	20€/hora	(10€/30min. Con un mínimo de 5€)
<hr/>		
Impresora 3D	0,30€/gr	
<hr/>		
Fresadora	12,50€/hora	

PARA PROFESIONALES EXTERNOS

Cortadora Láser	75€/hora	(40€/30min. Con un mínimo de 25€)
Cortadora Láser 2	75€/hora	(40€/30min. Con un mínimo de 30€)
<hr/>		
Impresora 3D	1,50€/gr	
<hr/>		
Fresadora	78€/hora	

Cobro de Materiales:

El Fab Lab no proporciona materiales, si bien pone a disposición de los usuarios un listado de materiales mas comunes que pueden ser adquiridos en el propio Fab Lab mediante pago telemático (tarjeta de crédito y TPV). Estos materiales adquiridos en el Fab Lab tienen un coste básico con precio de mercado, facilitando al usuario las tareas de búsqueda, desplazamiento y manipulación de grandes formatos.

Cobro de uso de maquinas:

El cobro por uso de maquinaria CNC se realiza según descrito anteriormente y de acuerdo con las tarifas arriba señaladas publicadas por la Universidad de Sevilla.

Para fomentar la Innovación y la Calidad de la Enseñanza y como apoyo a la Investigación en la ETSAS, el uso de maquinaria CNC que vaya destinado a la realización de trabajos derivados de Proyectos Docentes de asignaturas de grado o máster y Proyectos de Investigación o Innovación, se podrá realizar sin coste para los usuarios. Para estos casos y para cumplir con los requisitos de Proyecto Docente o de Investigación/Innovación, el responsable del proyecto deberá cumplimentar un formulario/memoria justificativa de los trabajos a realizar, indicando la asignatura o proyecto del que forma parte, recursos humanos y técnicos necesarios, tiempos de reserva estimados y los objetivos previstos del proyecto.

(Ver Anexo Proyecto Docente/Investigación)

El pago serán de la siguiente forma:

1.- Abonar el 100% AL FINALIZAR el uso de maquina CNC: El usuario abonará la cantidad correspondiente a todo el tiempo de uso real o reservado.

2.- Abonar el 100% AL ADQUIRIR material: El usuario abonará la cantidad correspondiente al material adquirido en el almacén del Fab Lab previo uso de dicho material en maquinaria CNC.

Materiales:

El material de uso para alumnos, PDI y externos **No** lo proporcionará el Fablab. El Fablab contará con un “*almacén básico*” de materiales en stock que permita al usuario comprar directamente in-situ y evitar incómodos desplazamientos. La gestión y coordinación de dicho almacén será a cargo de Juan Carlos Pérez, responsable de la Administración y Gestión General. Él elaborará una lista de materiales básicos recomendados: tipos, precios, dimensiones y espesores. Estos materiales estarán, en la medida de lo posible, disponibles para todo usuario que quiera comprarlos. Por lo tanto el responsable de dicho almacén básico se encargará mensualmente del *stock* disponible y de solicitar el material al PAS competente para que el servicio de almacén este siempre disponible. Además, si algún usuario necesita un material que el almacén no tiene, el Fablab le podrá facilitar las tareas de búsqueda mediante un listado de fabricantes.

D) ORGANIGRAMA DE GESTIÓN GENERAL FABLAB

El organigrama de Gestión General del Laboratorio de Fabricación Digital de la ETS de Arquitectura de la Universidad de Sevilla se compone principalmente de tres áreas de servicio:

d.1 Gestión de Servicios Generales

d.2 Gestión de Proyectos Docentes

d.3 Gestión de Proyectos I+D+I y FABLABS

Dichos servicios de gestión corresponden a tres áreas independientes de trabajos a desarrollar dentro de nuestras instalaciones. Para garantizar la organización fluida y ágil es necesario contar con un equipo humano y especializado responsable de cada área. El equipo básico que permite desarrollar dichas actividades dentro del FabLab se compone de: **Dirección, Administrador y Gestor General, Operario Técnico Especializado y Coordinadores de Proyectos (Becarios y Ayudantes).**

d.1 Gestión de Servicios Generales

Entendemos por Servicios Generales del Fablab todos los trabajos realizados para dar servicio diario a los alumnos, profesores y externos que quieran hacer uso de los recursos del Fablab de forma individual, sin contar aquellos proyectos derivados de asignaturas, Masters o ayudas a la mejora docente (proyectos docentes), los derivados de ayudas a la investigación e innovación (proyectos I+D+I) o los trabajos derivados de iniciativas de formación avanzada tipo “FabLab N.0”

Administración y Gestión General del FABLAB: Juan Carlos Pérez Juidías. Responsable de gestion y administración general de los trabajos que el Fablab realiza como servicio público a todo el alumnado, profesorado y personal externo que desee utilizar el Fablab. Dentro de gestion y administración general las tareas consisten en:

Reservas: Responsable de la coordinación y organización de todas las reservas. Especialmente, este trabajo tiene como objetivo filtrar y organizar eficientemente las reservas, recepción de trabajos, toma de datos y organización de las mismas en la agenda general del Fablab, con el fin de agilizar la programación de trabajos y dar un servicio más eficiente. También se encargará del seguimiento de la puesta en marcha de plataforma on-line para la gestion de reserva automática.

Materiales: Responsable de la compra, mantenimiento y gestion del material necesario para las maquinas. Además del material consumible de cada maquina (filtros, resinas, brocas, etc.) el Fablab contará con un pequeño-mediano almacén de materiales en stock que pueda facilitar a todo usuario realizar sus trabajos. Este almacén contará con material básico y de mayor salida y se ajustará a las posibilidades de almacenamiento del Fablab. También se encargará del seguimiento de la puesta en marcha de plataforma on-line para la gestion del material.

Economía y Cobros: Responsable de todo el área de cobro, tanto en trabajos generales del FabLab como en proyectos docentes, I+D+I y/o trabajos externos. También se encargará del seguimiento de la puesta en marcha de plataforma on-line para la posible gestion del cobro mediante paypal u otro operador.

Maquina Impresora 3D: Responsable de todos los trabajos realizados por la impresora 3D en resina, tanto en trabajos generales del FabLab como en proyectos docentes, I+D+I y/o trabajos externos. Incluye gestion de ficheros para imprimir y operatividad de impresora 3D.

Logística: Responsable de la logística general del Fablab. Coordinación de técnicos, becarios y ayudantes del Fablab. Coordinación y mantenimiento de pagina web del IND, de estadísticas

de uso y servicios que ofrece el Fablab y de puesta en marcha de biblioteca particular del centro (solicitud de libros y organización de portfolio de trabajos realizados). Además, la logística incluye la responsabilidad del buen funcionamiento de todo el equipamiento del Fablab, mantenimiento equipos, solicitud de servicio técnico, solicitud de consumibles o piezas deterioradas, así como la gestión de reparaciones de equipos.

Operario Técnico Especializado: José Buzón González. Responsable de los trabajos técnicos que se realizan en el Fablab, tanto en trabajos generales del FabLab como en proyectos docentes, I+D+I y/o trabajos externos. Estas tareas consisten en:

Operario Maquinas Fresadoras: Responsable de la manipulación de las fresadoras de pequeño y gran formato. Incluye todas las tareas necesarias para la ejecución de trabajos en dichas maquinas, desde la gestión de ficheros a la terminación del trabajo. Especialmente, este trabajo tiene como objetivo tanto el asesoramiento y optimización de los trabajos a realizar como el mantenimiento y puesta a punto de dichas maquinas para su correcto funcionamiento.

Operario Maquinas Láser: Responsable de la manipulación de las cortadoras láser. Incluye todas las tareas necesarias para la ejecución de trabajos en dichas maquinas, desde la gestión de ficheros a la terminación del trabajo. Especialmente, este trabajo tiene como objetivo tanto el asesoramiento y optimización de los trabajos a realizar como el mantenimiento y puesta a punto de dichas maquinas para su correcto funcionamiento.

Herramientas y Material de apoyo: Responsable de las herramientas manuales del Fablab y de todo el material auxiliar de apoyo técnico.

Tanto los trabajos de formación periódica (Cursos de Capacitación) a personal universitario como las tareas de limpieza y mantenimiento general del Fablab se harán conjuntamente, si bien se propone establecer un procedimiento de gestión de residuos que obligue a los usuarios a responsabilizarse del material sobrante tras cada trabajo realizado. Este procedimiento permite reducir las tareas de limpieza y evita acumulación de material residual en el Fablab. Otra tarea común y acotada en el tiempo es la gestión de la mudanza previa a las obras de ampliación del Fablab. Se realizará un documento informativo de material a desplazar y espacio de almacenamiento durante la obra. Este documento es necesario para que la empresa que realizará la mudanza nos facilite presupuesto.

d.2 Gestión de Proyectos Docentes

Entendemos por Proyectos Docentes a todos los trabajos que se realicen en el Fablab que deriven de asignaturas (de Grado o Master) vinculadas al PDI o de ayudas a la mejora docente. Se reconoce la importancia de continuar dando este servicio para promocionar el uso del equipamiento del FabLab a toda la comunidad académica. Para ello, se constituye un equipo que gestione y coordine estos proyectos de forma particular. La variabilidad y diversidad de escalas de dichos proyectos docentes impide su organización desde una estructura general. Por lo tanto, se debe gestionar estos proyectos desde una estructura personalizada que clasifique y auto organice cada proyecto docente de forma específica.

Coordinación Proyectos Docentes: Juan José Olmo y José Laulhé: Responsables de la gestión y coordinación general de los trabajos que el Fablab realiza para los proyectos docentes. Estas tareas tienen como objetivo coordinar y dirigir el ejercicio que se va a realizar mediante una puesta en común con el PDI y todos sus alumnos, el seguimiento/asesoramiento de los trabajos, su coordinación con el funcionamiento general y agenda global del Fablab y la realización de documentación final necesaria para publicación. Para llevar a cabo este trabajo de gestión de Proyectos Docentes es necesario redactar un “**Documento de Coordinación de Proyectos Docentes**”, realizado por los responsables. Se trata de una guía básica donde se especifique mediante una estructura de tareas programadas el tipo de trabajo que se quiere realizar. Esta guía clasifica y organiza el trabajo. Además, ayuda al PDI responsable a programarse sus trabajos con los estudiantes, a optimizar los tiempos de trabajo y pedido de materiales y a encajarlo dentro de la estructura de reservas del FabLab. En la realización de este *Documento de Coordinación* deben reflejarse las responsabilidades del PDI, del alumno, de los coordinadores, del técnico, del administrador general y del Fablab. Se propone también, en materia de derechos de autor, incidir en la importancia de incluir en publicaciones y divulgación en general los créditos correspondientes a todos los participantes en dicho proyecto, PDI, alumnos, Gestores/Coordinadores, Técnicos Fablab, Directores Fablab y Centro IND.

Toda vez que el Proyecto Docente haya sido clasificado mediante este documento de coordinación y se ha programado su realización dentro de la agenda general de reservas del Fablab, se gestionará según las normas establecidas dentro del apartado A (Gestión General) donde los responsables harán el seguimiento de los trabajos hasta su conclusión. No obstante, la reserva de horas en Fablab de Proyectos Docentes podrá contar con la flexibilidad de reserva a medio-largo plazo, mientras no interfiera con reservas realizadas para Proyectos I+D+I.

d.3 Gestión de Proyectos I+D+I y FabLabs

Entendemos por Proyectos I+D+I y Proyectos de Formación Avanzada “FabLab N.0” a todos los trabajos que se realicen en el Fablab que deriven de ayudas concedidas a la investigación e innovación o resulten de convenios acordados entre la dirección de la ETS de Arquitectura y otros organismos públicos o privados, así como aquellos proyectos que cuenten con ayudas a la formación avanzada de profesorado vía ICE. Se reconoce la importancia de continuar dando estos servicios como proyectos que promocionan la investigación de vanguardia y permiten financiación. La gestión de dichos proyectos se realizara desde la Subdirección de Innovación y Mejora Docente y la Dirección del IND.

José Pérez de Lama y Manuel Gutiérrez de Rueda: Dirección general del IND y FabLab. Responsables de la gestión y coordinación general de los trabajos que el Fablab realiza para los proyectos I+D+I y proyectos de Formación Avanzada FabLab N.0. Estas tareas tienen como objetivo marcar la dirección a seguir en materia de proyectos de investigación. Desde la solicitud de ayudas, gestión de las mismas y organización de personal y recursos para su realización. Una vez concedidas y aceptadas las ayudas y dichos proyectos podrán/deberán encajar dentro de la estructura general y agenda del Fablab, si bien podrá contar con la flexibilidad de reserva a medio-largo plazo, mientras no interfiera con reservas realizadas para Proyectos Docentes.

Por ultimo, es responsabilidad de la Subdirección de Innovación y Mejora Docente y la Dirección del IND la coordinación y gestión general del IND y sus cuatro áreas subsidiarias: FAB Lab, INF Lab, AV Lab y RV Lab.

E) COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

El crecimiento constante y evolutivo del Laboratorio de Fabricación Digital en relación a la demanda y servicios que debe prestar a toda la Escuela, nos exige una constante revisión de la calidad e idoneidad de nuestra gestión. Desde la Dirección del IND mantenemos una rigurosa política de mejora constante y renovación de nuestros servicios, lo cual obliga a una actualización periódica de las condiciones de uso. Por lo tanto, estas Normas están sujetas a cambios y/o modificaciones, favoreciendo así el crecimiento dinámico de las instalaciones.

Con el fin de mantener siempre informado de estos cambios a todos los usuarios, es importante establecer vías de divulgación y publicación mediante las cuales consultar dichas modificaciones y/o actualizaciones en la información referente a las “Condiciones de Uso del Fab_Lab”. Las vías propuestas son mediante **Web oficial de la ETS de Arquitectura de Sevilla**, dentro del apartado Centro IND (<http://www.etsa.us.es/ind>) o mediante **Blogs** (<http://htca.us.es/blogs/newsfablab>, <http://htca.us.es/blogs/talleresfablab>) y también mediante

publicación impresa dentro de los **Tablones de Anuncios** (situados, tanto en el Laboratorio de Fabricación Digital, en Planta Baja, como en el IND_Centro de Innovación y Diseño, en Planta Primera).

Finalmente, el Fab_Lab pondrá un buzón de sugerencias a la entrada de sus instalaciones en Planta Baja a disposición de todo usuario interesado en ayudarnos a mejorar los servicios prestados.

En Sevilla, Octubre de 2011

Fdo: Manuel Gutiérrez de Rueda G^a
Director **IND**

ANEXO I

FORMACION BASICA PERIODICA.

Curso de Capacitación para el uso del Laboratorio de Fabricacion Digital.

El Curso de Capacitación de uso del Fab_Lab se impartirá en el propio Laboratorio, situado en Planta Baja de la Etsas, **una vez a la semana**. El curso se impartirá a un máximo de 30 estudiantes, por lo que necesario apuntarse con antelación para garantizar la plaza. Todo alumno podrá realizar el curso en función de plazas disponibles hasta completar aforo.

Se exigirá que cada alumno traiga su ordenador portátil con un programa de CAD instalado.

CONTENIDO DEL CURSO

PRESENTACIÓN DEL TALLER. ELEMENTOS DEL TALLER. DATOS TÉCNICOS DE LAS HERRAMIENTAS.

Se analizará con cierta profundidad todas las herramientas y maquinas operadas por Control Numérico disponibles a los usuarios del taller.

MODELOS REPRODUCIBLES. OPTIMIZACIÓN DE TRABAJOS 2D Y 3D. EJERCICIO 2D. CREACIÓN DE OBJETO, PREPARACIÓN DE ARCHIVO DE IMPRESIÓN.

En este apartado se explicará las formas en las que se debe trabajar para llegar a la creación del objeto en 2D.

EJERCICIO 3D. OBTENCIÓN APROXIMADA DE TOPOGRAFÍA 3D A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL. CREACIÓN DE ARCHIVO DE FRESADO.

Se explicarán diversos métodos para conseguir que el trabajo de CAD 3D pueda interpretarse en las máquinas de fresado e impresora 3D.

REALIZACIÓN DE TRABAJOS. CORTE 2D Y DEMOSTRACIÓN DE FRESADO.

Preparados los trabajos, se realizarán en las distintas máquinas para completar el curso con la consecución de un modelo terminado.

(*) Los alumnos del curso aceptaran las normas de uso y mantenimiento de las instalaciones del FabLab

ANEXO II CONTRATO DE USO

DATOS PERSONALES

Nombre:..... Apellidos: DNI:.....

Dirección permanente:..... CP:.....

Población:..... Provincia:..... Telf.:..... E-mail:.....

DATOS ACADÉMICOS

Curso:..... Grupo: Asignatura/s:

Profesor/es:.....

Grupo de investigación:..... Proyecto:.....

El Laboratorio de Fabricación Digital (Fab_Lab) forma parte del Centro de Innovación y Diseño (IND) dentro de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. El *Fab_Lab* es un servicio para todos los estudiantes, profesores y grupos de investigación interesados en la fabricación digital de sus diseños y propuestas mediante maquinaria sofisticada operada por Control Numérico. El *Fab_Lab* permite realizar actividades de fabricación de cualquier trabajo que utilice la conexión *File to Factory* para la manipulación de materiales a partir de instrucciones digitales.

El objetivo del presente contrato de uso del *Fab_Lab* es tanto ofrecer a los usuarios unas condiciones de trabajo reales, seguras y profesionales, al igual que inculcar el conocimiento y respeto a los principios y procesos de fabricación digital como preparación para su vida profesional o académica en desarrollo.

Para el uso del *Fab_Lab* es necesario la realización del Curso de Formación Básica o Avanzada, para los cuales será condición indispensable firmar previamente el presente **Contrato de Uso del *Fab_Lab***.

1.-SEGURIDAD

- Se trata de maquinaria sofisticada cuyo manejo conlleva un riesgo intrínseco, por lo tanto las máquinas serán manipuladas SOLO por el personal especializado del *Fab_Lab*.
- Cualquier desajuste o mal funcionamiento de las máquinas llevará a la cancelación del trabajo hasta que el operario solucione el problema.
- Dentro del *Fab_Lab* se utilizarán los EPI's necesarios (Equipos de Protección Individual -mascarillas, guantes, gafas...etc) y se seguirán las instrucciones de los operarios.
- Cada máquina cuenta con sus Normas Particulares, que habrá que respetar en todo momento. (*Ver Normas Particulares*)

2.- ORDEN

- El uso del *Fab_Lab* se organizara mediante un sistema de Reservas, con un máx. y min. de horas. (*Ver mapa de reservas*)
- Los usuarios tiene derecho a utilizar el *Fab_Lab* dentro de las reservas previamente concertadas. Cualquier uso adicional fuera de las reservas concertadas se hará en función de la demanda del *Fab_Lab*, pudiendo ampliar la reserva de manera instantánea y bajo la aprobación de los operarios.
- Los trabajos en grupos provenientes de Profesores/Asignaturas podrán gestionar las reservas de manera específica.
- Se establecerán unas tarifas básicas por uso de las máquinas e instalaciones en función del tiempo reservado y se abonaran según las Normas Particulares de Uso en su apartado Gestión de Reservas y Cobro.
- El usuario es responsable de traer su propio material, no obstante podrá hacer uso del material disponible bajo aprobación de los responsables. Los materiales a usar son ÚNICAMENTE los especificados en el listado de materiales y podrán comprarse en el mismo *Fab_Lab*.

3.- LIMPIEZA

- Tras el uso de la maquinaria y de las mesas de trabajo el usuario sera responsable de dejar limpio su puesto.
- El usuario se hará cargo de todo material residual, si bien lo puede almacenar en los armarios de Material Auxiliar.
- No se guardaran trabajos

4.- OTROS

- Prohibido fumar
- No comer ni consumir bebidas
- Cualquier duda sobre el uso del IND *Fab_Lab* pónganse en contacto con el responsable o envíen e-mail: **ind-fablab@us.es**
- La firma de este documento supone la aceptación de la Normas Particulares de Uso.

El Usuario

Sevilla, ade.....de 20.....

Admón. General del *Fab_Lab*

ANEXO III FRANJAS HORARIAS

El Fab_Lab cuenta con equipamiento específico operado por control numérico, tales como: *Cortadora Láser, Fresadora 3 ejes y Impresora 3D en resina*. Estas tres máquinas están sujetas a reserva con diferentes franjas horarias:

CORTADORAS LÁSER:

Se podrá reservar en tramos de 1/2 hora

FRESADORA 3 EJES::

Se podrá reservar en tramos de 1 hora

IMPRESORA 3D Resina:

Se podrá reservar en tramos de 2 horas

.....

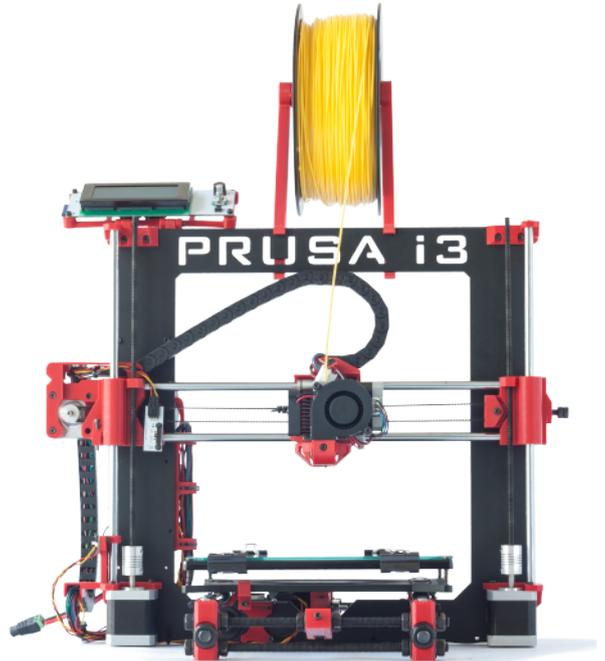
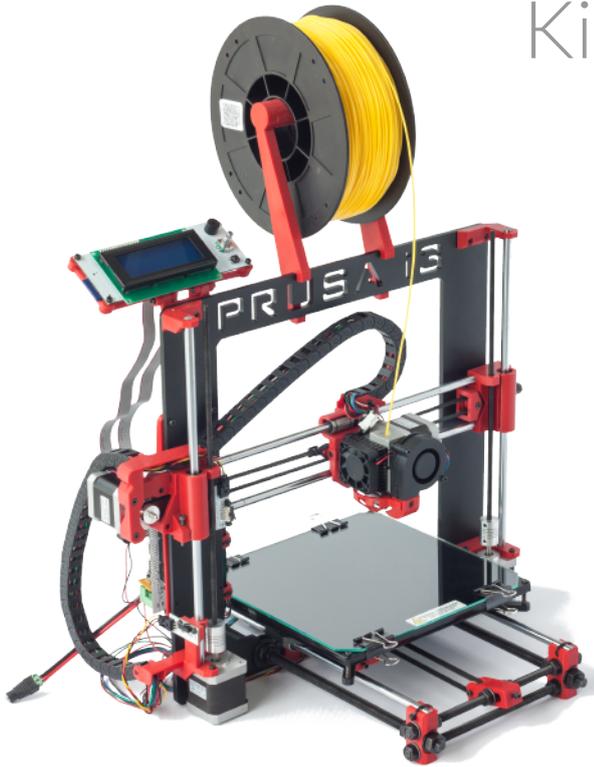
ANEXO D

DATASHEETS

_ANEXO D

I. BQ HEPHESTOS

Kit Prusa i3 Hephestos



TECHNICAL SPECIFICATIONS

All of the electronics in the Prusa i3 HEPHESTOS have been tested and calibrated to ensure optimum functionality. Both the drivers and the firmware are pre-configured to allow users to begin printing as soon as they have finished assembly.

Dimensions and weight

Dimensions, printer: 460 x 370 x 510 mm (without PLA spool)
460 x 370 x 583 mm (with PLA spool)
Dim., print area: 215 x 210 x 180 mm
Dimensions, boxed: 408 x 425 x 233 mm
Weight, boxed: 11 Kg

Layer resolution

Very high: 60 microns
High: 100 microns
Medium: 200 microns
Low: 300 microns

Print speed

Recommended speed: 40-60 mm/s
Maximum recommended speed: 80-100 mm/s

Electronics

Ramps 1.4
Mega 2560
LCD screen with rotary encoder and navigation button
Glass base (non-heated): 220 x 220 x 3 mm
Power source: 220 AC 12 DC 100W
100k thermistors in the extruder
Heater cartridge: 40 W, 12 V

General mechanics

Frame and base of powder-coated aluminium
Toughened chrome bars for the X, Y and Z carriages
LM8UU linear ball bearings for the X, Y and Z axes
B623ZZ axial ball bearings for the X and Y pulleys
Igus cable-tidies
Flexible couplings for the threaded bars on the Z axis
4-point cushioned levelling system for the print base
Quick-change print base system with clips
Brushless axial fans with ball bearings
Parts printed using PLA

Extruder mechanics

Own-design extruder
0.4 mm nozzle, for 1.75 mm filament
Fin heat sink with axial fan
Cooling nozzle for printed objects

Software

Marlin-derived firmware
Recommended software environment: Cura Software, slic3r, Repetier, Kisslicer
Permitted files: .gcode
Compatible operating systems:
Windows XP and later
Mac OS X and later
Linux

Connections

SD card reader
Type B USB port

Safety

Own-design extruder protector

Print materials

PLA, HIPS, FilaFlex, among others

Box contents

6 assembly guides
Warranty
Quality certificate



_ANEXO D

II. BCN3D SIGMA



BCN3D SIGMA ESPECIFICACIONES

DIMENSIONES FÍSICAS -

Dimensiones generales

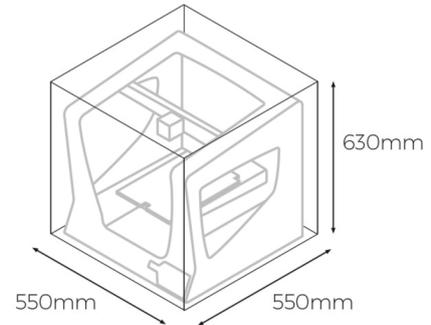
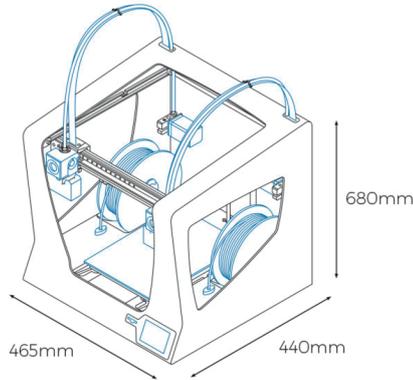
465mm x 440mm x 680mm
(cables incluidos)

Dimensiones del paquete de envío

550mm x 550mm x 630mm

Peso del paquete de envío

21kg



PROPIEDADES DE LA IMPRESORA -

Sistema de Extrusión

Doble Extrusor Independiente (IDEX)

Tecnología

Fused Filament Fabrication (FFF)

Volumen de impresión

210mm x 297mm x 210mm

Extrusores: **2**

Diámetro del nozzle

0,4mm (estándar) / **0,6mm**

Superficie calefactada

PCB

Pantalla

TouchPAD Resistive Full Color

Electrónica

**BCN3D Electronics v1.0
Independent Stepper Drivers**

Firmware

BCN3D Sigma - Marlin

Archivos compatibles

gcode

Ruido

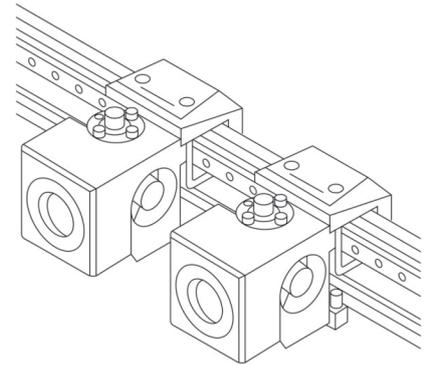
58 dB(A)

Certificaciones

CE / FCC

Conectividad

Tarjeta SD (funcionamiento autónomo)
USB



PROPIEDADES DE LA IMPRESIÓN -

Altura de capa

0,05 - 0,30mm (IDEX)
(boquilla estándar 0.4mm)

Resolución de posicionamiento (X/Y)

0,0125mm (FFF)

Resolución de posicionamiento (Z)

0,001mm

Temperatura de trabajo

15°C - 35°C

Electrónica

Temperatura máxima del extrusor
290°C

Temperatura máxima de impresión

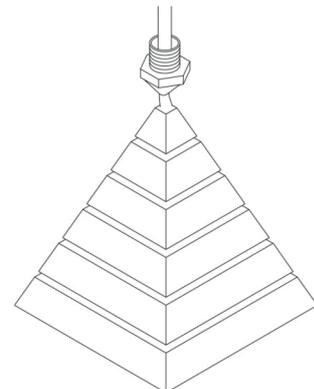
280°C

Temperatura máxima de la superficie de impresión

100°C

Estructuras de soporte

PVA para PLA // HIPS para ABS



_ANEXO D

III. FORMLABS FORM1+

Tech Specs



Form 1+



Form 2

Hardware

Dimensions	30 x 28 x 45 cm 12 x 11 x 18 in	35 x 33 x 52 cm 13.5 x 13 x 20.5 in
Weight	8 kg 18 lbs	13 kg 28.5 lbs
Operating Temperature	Suggested 18–28° C Suggested 64–82° F	Auto-heats to 35° C Auto-heats to 95° F
Temperature Control	N/A	Self-heating Resin Tank
Power Requirements	100–240 V 1.5 A 50/60 Hz 60 W	100–240 V 1.5 A 50/60 Hz 65 W
Laser Specifications	EN 60825-1:2007 certified Class 1 Laser Product 405nm violet laser 120mW laser	EN 60825-1:2007 certified Class 1 Laser Product 405nm violet laser 250mW laser
Connectivity	USB	Wifi, Ethernet and USB
Optical Path	Open	Protected
Printer control	Push-button	Interactive Touch-screen with Push-button

Printing Properties

Technology	Stereolithography (SLA)	Stereolithography (SLA)
Peel Mechanism	Hinged Peel Process	Sliding Peel Process with wiper
Resin Fill System	Manual	Automated
Build Volume	125 x 125 x 165 mm 4.9 x 4.9 x 6.5 in	145 x 145 x 175 mm 5.7 x 5.7 x 6.9 in
Layer Thickness (Axis Resolution)	25, 50, 100, 200 microns 0.001, 0.002, 0.004, 0.008 inches	25, 50, 100 microns 0.001, 0.002, 0.004 inches
Laser Spot Size (FWHM)	155 microns 0.0061 inches	140 microns 0.0055 inches
Supports	Auto-Generated Easily Removable	Auto-Generated Easily Removable

_ANEXO D

IV. SENSE 3D

Sense™

Take your world from physical to digital with 3D Scanning



Capture your world in 3D and discover the power of physical photography with the Sense 3D scanner. Savor every dimension of your favorite memories: Graduation day. Wedding day. Bringing home baby. Holidays. Trips around the world. All with your Sense, all in 3D.

Interested in becoming a reseller or distributor? Please contact us at ResellerInquiry@Cubify.com



Visit www.cubify.com/Sense for more information

Key features:

- **Scan small, scan large, scan it all**
Sense 3D scanner scans small and large objects, people and scenes. The Sense 3D scanner has the most diverse scan range in its class with auto-optimized settings for small and large objects like a book or a motorcycle, heads to full bodies and scenes as large as 10 feet tall and wide.
- **Mash-up your world**
Merge your scans in Cubify Sculpt™, the ultimate consumer software for editing STLs, mash-ups and organic modeling. Full integration between the Sense 3D scanner and Cubify Sculpt gives you the creative freedom to import your scans and combine them with other favorite designs.
- **Zero in on what matters**
Automatic object recognition extracts precise targets from the busiest of backgrounds, scanning only the object you want.
- **Edit confidently**
Sense 3D scanner software is intuitive, fast, accurate and easy to use. Scans process in seconds and can be cropped, enhanced and solidified for printables in just minutes. No design experience is necessary.
- **For your life on the go**
Hand-held mobility gives you the freedom to scan spontaneously, everywhere you go.
- **Physical to digital and back again**
Sense 3D scanner is fully integrated with Cubify.com and your Cube 3D printer. Scans can be uploaded directly for cloud printing with a variety of materials on Cubify.com, or sent directly to your 3D printer.

Scanner properties:

Dimensions	17.8cm x 12.9cm x 3.3cm	Data interface	USB 2.0 / USB 3.0
Field of view	Horizontal: 45° Vertical: 57.5° Diagonal: 69°	Warranty	1 year
Operating temp	10-40° C	Scan Volume	Min: 0.2 x 0.2 x 0.2m Max: 3 x 3 x 3m
Max power consumption	2.25 watts	Depth Image Size	240(w) x 320(h) px
Operating Range	Min 0.35m Max 3m	Depth resolution @ 0.5m	1mm
Spatial x/y resolution @ 0.5m	0.9mm	Data format	16 bit
		Color Image Size	240(w) x 320(h) px

System Requirements:

PC

Intel® Core i5™ or equivalent processor
RAM: 2 GB minimum
1280 x 1024 minimum screen resolution
Color: 32-bit
4 GB available hard disk space

MAC

Intel® Core i5™ or equivalent processor
RAM: 4 GB minimum
Mac OS X 10.8 or later
64-bit O/S



www.3dsystems.com

©2014 by 3D Systems, Inc. All rights reserved. Specifications subject to change without notice. 3D Systems and the 3D Systems logo are registered trademarks and Sense is a trademark of 3D Systems, Inc. All other trademarks are the property of their respective owners.

_ANEXO D

V. ROLAND STIKA SV-12



	SV-15	SV-12	SV-8
Método de corte	Método de movimiento del material		
Intervalo de corte máximo	Anchura: 340 mm (13-3/8 pulgadas) Longitud: 1.000 mm (39-5/16 pulgadas)	Anchura: 250 mm (9-13/16 pulgadas) Longitud: 1000 mm (39-5/16 pulgadas)	Anchura: 160 mm (6-1/4 pulgadas) Longitud: 1.000 mm (39-5/16 pulgadas)
Tamaño del material a utilizar ^(*)	Anchura: De 360 a 381 mm (de 14-1/8 a 15 pulgadas) Longitud: 1.100 mm (43-1/4 pulgadas) o menos Anchura: De 280 a 305 mm (De 11 a 12 pulgadas) (longitud A3, anchura A4) Longitud: 1100 mm (43-1/4 pulgadas) o menos	Anchura: De 280 a 305 mm (de 11 a 12 pulgadas) (longitud A3, anchura A4) Longitud: 1.100 mm (43-1/4 pulgadas) o menos	Anchura: De 200 a 215 mm (de 7-13/16 a 8-7/16 pulgadas) (longitud A4) Longitud: 1.100 mm (43-1/4 pulgadas) o menos
Velocidad máxima de corte	De 12 a 100 mm/s. (de 7/16 a 3-7/8 pulg./s.)	De 12 a 40 mm/s. (de 7/16 a 1-9/16 pulg./s.)	De 12 a 40 mm/s. (de 7/16 a 1-9/16 pulg./s.)
Tipo de material utilizable ^{(*)2}	Material de cloruro de vinilo (el grosor de la sección del material es de 0,1 mm o inferior, y el grosor incluyendo el papel de soporte es de 0,3 mm (0,012 pulgadas) o inferior) Papel de etiquetas (El grosor incluyendo el papel de soporte es de 0,3 mm (0,012 pulgadas) o inferior)		
Interface	USB 1.1		
Alimentación	Entrada específica para adaptador de CA: CA 100 V ± 10%, 50/60 Hz 1,7 A Salida: CC 19 V, 2,1 A		
Consumo eléctrico	Aproximadamente 20W (incluyendo el adaptador de CA)		
Dimensiones	522 (An) × 205 (P) × 115 mm (Al) (20-5/8 (An) × 8-1/8 (P) × 4-1/2 pulg. (Al))	440 (An) × 205 (P) × 115 mm (Al) (17-3/8 (An) × 8-1/8 (P) × 4-1/2 pulg. (Al))	340 (An) × 205 (P) × 115 mm (Al) (13-3/8 (An) × 8-1/8 (P) × 4-1/2 pulg. (Al))
Peso	3,3 Kg (7,3 lb)	2,7 Kg (6 lb)	2,2 Kg (4,9 lb)
Nivel de ruido	60 dB (A) o inferior (Normativa ISO7779)		
Entorno operativo	Temperatura: de 5 a 40°C (de 41 a 104°F), humedad: de 35 a 80% (sin condensación)		
Elementos incluidos	Adaptador de CA, cable de alimentación, cable USB, protector de cuchilla reemplazable, cuchilla, protector de cuchilla, pasador, material para pruebas, cinta de aplicación para pruebas, CD-ROM, manual del usuario		

*1
Según el tipo, el material que mide 500 mm (19-5/8 pulgadas) o más, puede desplazarse durante el proceso de corte.

*2
Es posible que no pueda cortar algunos tipos de material.