



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección
de Empresas

Evolución de la impresión 3D
doméstica: el caso español.

Presentado por:

Álvaro Hernández Manrique

Tutelado por:

Javier Rodríguez Pinto

Valladolid, 20 de Julio de 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ORÍGENES Y EVOLUCIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D.....	9
2.1. ORIGEN A NIVEL INDUSTRIAL.....	9
2.2. ORIGEN A NIVEL PERSONAL/DOMÉSTICO.....	12
2.2.1. CASO ESPAÑOL. PROYECTO CLONE WARS.....	13
2.2.2. LOS MAKERS Y SU COMUNIDAD.....	14
3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPRESIÓN 3D.....	17
3.1. VARIABLES DE PRODUCTO	17
3.2. MODELOS DE NEGOCIO	22
3.3. FABRICANTES ESPAÑOLES DE IMPRESORAS 3D	24
4. PERSPECTIVAS DE FUTURO DE LA IMPRESIÓN 3D....	29
5. CONCLUSIONES	35
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
7. ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICOS E IMÁGENES

Imagen 1.1: Proceso productivo	7
Tabla 2.1: Primeras tecnologías de impresión 3D.....	9
Imagen 2.2: Primeras impresoras domésticas	13
Gráfico 2.3: Crecimiento de ventas	16
Tabla 3.1: Tecnologías.....	18
Cuadro 3.2: Materiales	18
Tabla 3.4: Comparativa ensambladas vs formato kit.....	20
Tabla 3.5: Componentes modelo de negocio.....	22
Tabla 3.6: Variables de empresa.....	26
Cuadro 3.7: Grupos estratégicos	28

RESUMEN

El presente trabajo se basa en el estudio de la tecnología de la impresión 3D, concretamente en las impresoras domésticas. El objetivo es analizar la evolución de las impresoras 3D domésticas producidas por fabricantes españoles, tratando de estimar su futuro a través de los datos obtenidos. Para llevar a cabo el objetivo, el trabajo se divide en tres partes. En la primera se investiga su origen. En la segunda se estudia la situación actual a través de un análisis sobre las características de las impresoras y los fabricantes españoles. Por último, se dan una serie de previsiones sobre la tecnología objeto de estudio.

ABSTRACT

The following work is based on the study of the 3D printing technology, referring specifically to the domestic printers. The purpose is to analyse the development of the 3D printers made by Spanish manufacturers, attempting to forecast their future through the data obtained. To accomplish that objective, the work is divided in three parts. Firstly, its history is considered. Secondly, the current situation is studied by means of an analysis of the printer characteristics and the Spanish manufacturers. Finally, a series of previsions of the technology under consideration are given.

Palabras clave: Tecnología, impresión 3D, *makers*, modelo de negocio.

Códigos de la clasificación JEL: O330

1. INTRODUCCIÓN

Antes de entrar en materia considero importante dar una definición sobre lo que son las impresoras 3D o sobre lo que es en sí la impresión 3D a grandes rasgos para poder entender todo el análisis que se hará después.

Según el ICEX (1/11/2015), “La impresión en tres dimensiones (3D printing) es el proceso de unir materiales para hacer objetos a partir de un modelo digital, normalmente poniendo una capa encima de otra, por contraposición a las metodologías sustractivas, tales como el mecanizado tradicional. Trata de fabricar estructuras tridimensionales sólidas en volumen”

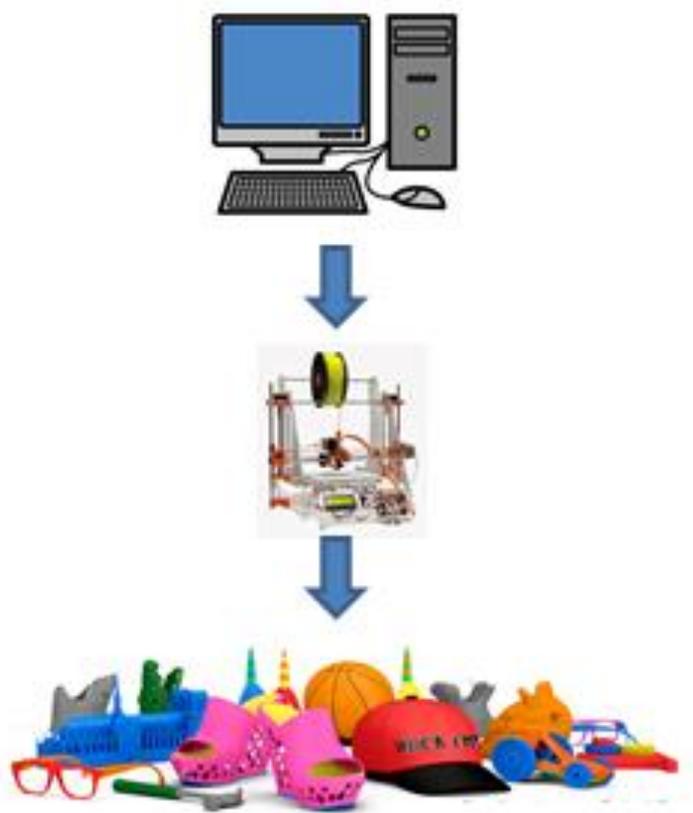
El material utilizado para dicha técnica dista mucho de la tinta que comúnmente conocemos y tenemos en casa para imprimir documentos, ya que en este caso se utiliza generalmente plástico, aunque también podemos encontrar modelos de impresoras 3D que utilizan otro tipo de materiales como por ejemplo resinas o metales.

El proceso de producción es sencillo y se divide en tres pasos (información obtenida por Sculpteo):

- 1) Obtención del diseño con un programa CAD del objeto a imprimir, tenemos varias posibilidades para este primer paso:
 - Crear el diseño directamente con un programa de ordenador.
 - Utilizar un escáner 3D que nos permite obtener un diseño muy preciso.
 - Contratar los servicios de una empresa dedicada a la obtención de este tipo de diseños. (Por ejemplo: Dima 3D)
 - Mediante un Smartphone. En la actualidad existen aplicaciones que mediante una foto permiten crear el diseño de lo que posteriormente se imprime. (Por ejemplo “Autodesk 123D catch”).
 - Descargar los diseños ya hechos. Hay empresas que ya cuentan con un espacio en su web donde las personas puede descargarse sus archivos e imprimirlos en sus casas. (Por ejemplo “Thingiverse”).
- 2) Transmisión del diseño a la impresora: se puede realizar por conexión directa conectando el ordenador a la impresora a través de un cable o bien podemos hacerlo con una conexión indirecta mediante un USB.

- 3) Por último la impresora a través de su software interpreta el diseño, lo divide en capas y fabrica el objeto capa a capa.

Imagen 1.1: Proceso productivo



Fuente: elaboración propia

Las impresoras 3D se pueden clasificar en dos grandes grupos: industriales y domésticas. La diferencia entre estos grupos la marca el precio, es decir, aquellas impresoras que tengan un precio superior a 5.000€ se considerarán como industriales y las que lo hagan por debajo de ese límite serán las domésticas. Esta frontera es utilizada por empresas dedicadas a la realización de estudios sobre la fabricación aditiva (impresión 3D), destacar especialmente a la empresa “Wohlers Associates” debido a que es la referente en este campo de análisis.

Las impresoras domésticas, como su propio nombre indica, son aquellas destinadas a instalarse en los hogares de las personas, pero también incluiremos dentro de este grupo a las que son utilizadas por PYMES y

profesionales en sus actividades económicas, siempre y cuando no superen el límite de 5.000€.

Durante el presente trabajo centraremos nuestro análisis en las impresoras domésticas por las siguientes razones:

- **Por sus múltiples aplicaciones:** fabricación de objetos en cualquier momento del día como juguetes (pizas de Lego, figuras de playmobil entre otros), complementos como monturas de gafas, pulseras y anillos, carcasas de móvil y estructuras de sujeción para ponerlos en el coche a modo de manos libres, objetos de decoración y pequeños muebles para el hogar, etc. En el ámbito profesional se utiliza sobre todo para hacer prototipos de objetos, como por ejemplo maquetas de proyectos arquitectónicos y piezas de joyería. También se pueden utilizar para fabricar partes de productos del sector electrónico como por ejemplo en robots, drones y hasta se pueden imprimir todas las piezas que componen una impresora 3D para ensamblarlas después y obtener así una nueva impresora.
- **Por su potencial de crecimiento:** diversos estudios apuntan que el sector doméstico es aquel en el que las empresas van a focalizarse y en el cual se va a producir un gran incremento de ventas, aunque de momento son cautos ya que en los dos últimos dos años este crecimiento no ha sido tan alto como esperaban. A modo de ejemplo la consultora Strategy Analytics (2014) a través de su informe: “impresoras 3D domésticas: oportunidades de mercado y obstáculos” expone que los ingresos por ventas de impresoras 3D y de materiales para la fabricación rondarían los 10.000 millones de dólares en el año 2024, cifra que subiría hasta los 70.000 millones de dólares en el 2030.

A raíz de estas expectativas, muchos expertos en el tema apuntan que la impresión 3D doméstica pondrá en jaque al sistema de fabricación tradicional, y que además supondrá la tercera revolución industrial.

El objetivo de este trabajo será estudiar la evolución de las impresoras 3D domésticas y más concretamente a los fabricantes españoles.

Una vez hecho el análisis nos plantearemos una serie de cuestiones, a las que trataremos de dar respuesta de la mejor manera posible:

- ¿Cuándo se consolidará la tecnología de la impresión 3D doméstica en los hogares españoles y PYMES?
- ¿Supondrá esta tecnología una tercera revolución industrial?
- ¿Desaparecerá la ventaja competitiva en costes de las grandes empresas a través de la desaparición de las economías de escala a causa del efecto conjunto de la impresión 3D industria y doméstica?

2. ORÍGENES Y EVOLUCIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D.

Para poder llevar a cabo el estudio sobre el sector de las impresoras 3D domésticas es necesario echar la vista atrás y remontarnos a la época en la que se aplicó la impresión 3D en la industria, ya que sino no tendríamos una referencia en la que apoyarnos y entender mejor dicho análisis.

2.1. ORIGEN A NIVEL INDUSTRIAL

El origen del mundo de las impresoras 3D se remonta a la segunda mitad de los años 80 y principio de los noventa cuando tres proyectos dieron lugar a tres tecnologías diferentes o métodos de impresión y que de éstos surgieron 3 empresas diferentes. En este sentido se manifiesta Paniagua (2013). El siguiente cuadro resume estas tres tecnologías:

CUADRO 2.1: Primeras tecnologías de impresión 3D

SLA (Estereolitografía)	<ul style="list-style-type: none"> • Charles Hull • Empresa: 3D Systems • Primera impresora: 1988
SLS (Sinterizado Selectivo por Láser)	<ul style="list-style-type: none"> • Carl Deckerd y Joe Beaman • Empresa: DTM Corporation (en la actualidad forma parte de 3D Systems) • Primera impresora: 1992
FDM (Modelado por Deposición Fundida)	<ul style="list-style-type: none"> • Scott Crump • Empresa: Stratasys • Primera impresora: 1993

Fuente: elaboración propia

El desarrollo a nivel industrial ha estado dividido en tres fases, según se iban obteniendo las aplicaciones. Rayna y Striukova (2015).

La primera función que tuvo la impresión 3D a nivel industrial fue la **realización de prototipos**. La ventaja sobre las tecnologías tradicionales reside en la reducción de costes. Con la impresión 3D tenemos la posibilidad de hacer prototipos flexibles y rápidos. A través de la flexibilidad podemos testear el producto y realizar cambios en sus atributos y con la rapidez conseguimos ser más eficientes, además de poder lanzar más productos al mercado. En contraposición, con las tecnologías tradicionales conseguimos prototipos poco flexibles y más lentos, el principal problema es que si durante el proceso de fabricación se observan defectos hay que parar la producción para corregirlo, incurriendo así en grandes costes.

Esta primera función solo era posible aplicar en grandes empresas y a veces tampoco era eficiente usarla en alguna de éstas, principalmente por la imposibilidad de utilizar otros materiales diferentes al plástico, el alto coste de aplicar esta tecnología al proceso productivo y la escasa calidad de los bienes impresos.

Las impresoras en esta fase pueden considerarse como un activo complementario. Por ejemplo puede ofrecer un servicio de prototipado para otra empresa que tenga la necesidad de obtener un prototipo para luego fabricar un producto. De esta forma la empresa poseedora de la impresora estaría aumentando sus competencias básicas.

Pocos años después se incorporaron nuevos materiales al proceso productivo en la impresión 3D como polímeros (tipo de plástico resistente al calor) o algunas aleaciones metálicas. Gracias a ello se empezaron a **fabricar moldes** para luego poder fabricar los productos finales. La consecuencia es la reducción de costes y de tiempo porque fabricar moldes con la impresión 3D es más rápido y económico que con la fabricación tradicional. Mientras que las tecnologías tradicionales obtenían su molde a través de grandes bloques de material sustrayendo solo el molde y desperdiciando el resto del bloque, la impresión 3D solo usa el material necesario. Esto permite atender a las necesidades de más nichos de mercado.

Al igual que en la fase anterior, las impresoras pueden considerarse como activo complementario y aumentar sus competencias básicas ofreciendo un servicio de fabricación de moldes para otras empresas.

Seguidamente se empezaron a fabricar productos de manera directa, debido a una serie de factores: reducción en el coste de producir con impresoras 3D, aumento de la calidad, aumento de la velocidad de impresión, mayor precisión en el resultado final y disposición de una amplia gama de materiales de impresión. El término que hace referencia a este cambio es **DDM (fabricación digital directa)**. Esta fase tiene una serie de ventajas.

- **Versatilidad:** las impresoras 3D tienen la capacidad de poder fabricar infinidad de productos, es decir, no son máquinas rígidas que solo puedan fabricar un producto. Son activos complementarios. Se favorece de esta manera la atención a un mayor número de nichos de mercado.
- **Reducción de costes de implantación y adaptación:** esta bajada es gracias al escaso coste de instalación para la fabricación. Resaltar que la impresión 3D se caracteriza por unos escasos costes fijos y altos costes marginales que se mantiene de manera constante a medida que aumenta la producción (al revés que las tecnologías tradicionales). Por lo tanto en ocasiones hay grandes fábricas con un sistema de producción en serie que no aplican la impresión 3D porque es menos eficiente. Aprovechan las economías de escala.
- **Se mejora la eficiencia del proceso de producción a través de la reducción de los costes de almacenaje, distribución y transporte.** A modo de ejemplo, imaginemos que se nos rompe una pieza del coche. Lo normal sería llevarlo al taller oficial de la marca y pedir un recambio de esa pieza a la fábrica, pero si el taller tuviera en su inventario una impresora 3D de tipo industrial podrían descargar el diseño de la pieza e imprimirla en un menor tiempo del que les llevaría hacer el pedido y que esa pieza llegara finalmente al taller.

De esta manera ni la fábrica ni el taller tendrían la necesidad de almacenar las piezas, sino que se trabajaría bajo pedido, reduciendo el coste de almacenamiento. Como la fábrica no tiene nada almacenado, nada se puede transportar, por lo que también se reducirían los costes de distribución y transporte, solo se distribuiría un archivo por internet. Estos efectos en los costes, sobre todo el de transporte, repercute de manera positiva en el medioambiente puesto que la contaminación se verá reducida.

- Se mejora el **modelo de obtener ingresos** porque se trabaja bajo pedido.
- Se empiezan a incorporar los **servicios de fabricación** para aquel que quiera imprimir algo con esta tecnología y no tenga los medios necesarios. Este servicio viene acompañado de otro, la **personalización**, el cliente puede especificar como quiere el producto en cuanto a tamaño, materiales etc.

Muchos son los sectores que han ido aplicando esta tecnología a lo largo de su evolución. Según Wohlers report (2014) los sectores que más han incorporado la impresión 3D en sus procesos productivos son:

- Maquinaria industrial: 18,5%
- Fabricación de productos electrónicos de consumo: 18%
- Automovilístico: 17,3%
- Médico: 13,7%
- Aeroespacial: 12,3%

A continuación empezaremos a hablar sobre la impresión 3D doméstica, que sería la siguiente fase pero ya fuera del entorno industrial.

2.2. ORIGEN A NIVEL PERSONAL/DOMÉSTICO

El origen de la aplicación doméstica data del año 2004 cuando Adrian Bowyer creó el proyecto RepRap (el término proviene de “Replicating Rapid prototyper”) en la universidad de Bath (Reino Unido) y cuyo objetivo era crear una impresora con la capacidad de fabricar piezas para auto replicarse (se pretendía crear una impresora que fuera capaz de imprimir todas las piezas que la componían para así poder obtener réplicas de ella misma), todo ello a un bajo coste. El proceso fue lento, pues no sería hasta el 2008 cuando salió a la luz la primera impresora, la cual se la bautizó con el nombre de Darwin. Esta impresora y las desarrolladas a partir de la misma se caracterizan por ser en formato kit, es decir, que se necesita una persona que tenga los conocimientos suficientes para poder ensamblar todas las piezas que componen la impresora. El lema característico de este origen es “Do It Yourself” (hazlo tú mismo).

El proyecto está disponible bajo una licencia GNU GPL. Ésto significa que cualquier persona puede estudiar, copiar y mejorar los conocimientos y diseños

que se van incorporando al proyecto. Gracias a ello la impresora Darwin es hasta ahora una de las más utilizadas por los Makers o también conocidos como hacedores.

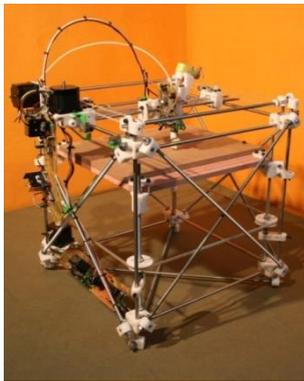
Seguidamente se creó la fundación Reprap con el objetivo de dar a conocer su proyecto. Realizaron talleres por todo el mundo para enseñar, a todo aquel que quisiera, a montar una impresora 3D (principalmente la Darwin). A la cabeza de esta fundación se puso Zach Smith (creador de la empresa MakerBot).

Tan solo un año después del lanzamiento de la Darwin, el proyecto Reprap puso en el mercado su nueva creación, el modelo Mendel, que suponía una mejora en su predecesora pues era más compacta y más fácil de montar.

A la par que se originaba y desarrollaba el proyecto RepRap, en Nueva York una serie de *makers* fundaron la empresa MakerBot en marzo del 2009. Su primera impresora se llamaba “CupCake” y salió al mercado ese mismo año.

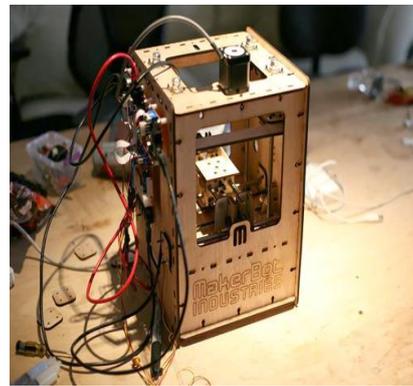
Imagen 2.2: primeras impresoras domésticas

Impresora Darwin



Fuente: www.reprap-org

Impresora CupCake



Fuente: medialab-prado.es

A partir de estas primeras impresoras la comunidad *maker* empezó a trabajar e investigar para mejorarlas, fruto de esta investigación surgieron impresoras derivadas de las anteriores con mejores prestaciones y atributos.

2.2.1. Caso español. Proyecto Clone Wars

La cultura de RepRap fue aplicada en España a través del proyecto Clone Wars, que fue creado en el 2011 por Juan González Gómez, ingeniero y doctor en robótica. Los inicios del proyecto estuvieron ligados a la Asociación de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid, recibiendo a través de ésta la primera impresora del proyecto, la conocida como “Madre” en el año 2011. Esteban (2013)

Gracias a un grupo de correo de Google, los participantes comparten conocimientos, consejos a la hora de montar una impresora, dudas y sugerencias. Contribuyendo así al desarrollo del mencionado proyecto.

Por lo tanto, podemos decir que los *makers* son los auténticos protagonistas de la aplicación de la tecnología de impresión 3D al sector doméstico, por ello es importante detenernos a analizar quienes son y como han conseguido llevar a cabo todo este desarrollo.

2.2.2. Los makers y su comunidad

“Personas inquietas, apasionadas por la tecnología, educadores, artesanos, ingenieros, estudiantes, defensores de la filosofía del código abierto, y de todos aquellos cuyo pensamiento gira en torno a cómo inventar o crear cosas nuevas. Son los *makers*”. (Albert García Pujadas 2013).

El concepto de *maker* no es algo nuevo que haya surgido con las impresoras 3D. Un artesano del siglo XVII también puede ser considerado como *maker* a la vista de las características mencionadas en la definición anterior.

Entonces cabe preguntarnos ¿en qué se diferencian los *makers* actuales a los anteriores? En este sentido se manifiesta Chris Anderson (2013).

La respuesta la tenemos en el **sentimiento de colaboración**, el artesano producía sus productos sin la ayuda de nadie, sin un feedback que le permitiera mejorar sus ideas o productos. En cambio los *makers* actuales gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías (como la Web) pueden colaborar con otros compañeros de todo el mundo para conseguir el mejor producto posible y así contribuir al desarrollo general de la sociedad, aparte la web ha ayudado a

financiar proyectos de *makers* a través del Croudfunding. Además gracias a la globalización pueden adquirir materiales y piezas de todo el mundo.

Derivado de la definición de *maker* obtenemos la de “movimiento *maker*”: agrupación y colaboración entre los *makers*. El objetivo de este movimiento es el desarrollo de la investigación para nuevas aplicaciones de tecnología. Toda esta colaboración se puede hacer a través de la web, como hemos visto antes al explicar el proyecto “Clone Wars” o de manera física, como por ejemplo con el “MakerSpace” de Madrid, donde comparten espacio, conocimientos y medios de fabricación (impresoras), todo ello regulado a través de una serie de normas necesarias para el correcto funcionamiento de la comunidad.

Basándonos en Chris Anderson podemos decir que el movimiento *maker* tiene tres características,

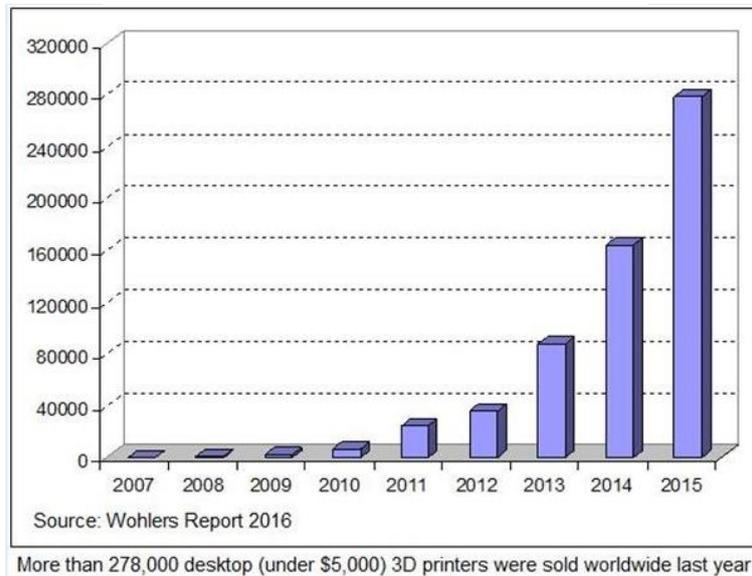
- 1) Está formado por personas que usan en casa herramientas digitales para diseñar nuevos productos y hacer de ellos prototipos (DIY digital).
- 2) Posee una cultura abierta con el objetivo de compartir los diseños que hacen los integrantes del movimiento.
- 3) Utilizar estándares de diseño de archivo comunes para permitir que todo el mundo pueda enviar sus diseños a servicios comerciales de fabricación para que los produzca.

Un suceso importante en esta evolución de las impresoras 3D domésticas lo encontramos en el año 2012. En este año se caducó la patente de la tecnología FDM, que casualmente era la más barata en comparación con las otras dos que mencionamos en el cuadro 2.1. Este hecho resulta importante porque las empresas empezaron a usar esa tecnología para hacer impresoras domesticas ensambladas, y con ensambladas nos referimos a las impresoras que se pueden usar nada más comprarlas porque no necesitan un montaje previo.

Para acabar este apartado, es necesario conocer la evolución de las ventas desde el 2008 hasta la actualidad. De acuerdo con Ramírez (2015), desde el 2008 hasta el año 2011 el sector ha conseguido un crecimiento medio de 346% cada año. En el 2012 este elevado porcentaje descendió hasta situarse en un

46,3%, pero a partir de este aquí el porcentaje volvió a recobrar la tendencia de crecimiento hasta situarse en el 70% el año pasado.

Gráfico 2.3: crecimiento de ventas



Fuente: Wohlers Report 2016

Como se puede apreciar en la imagen el crecimiento de este sector es cuanto menos importante. Resaltar que en el año 2013 es cuando se produce una recuperación del porcentaje de crecimiento, coincidiendo justo cuando empezaron a salir al mercado impresoras ensambladas.

3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPRESIÓN 3D

En este apartado procederemos a analizar las características de las impresoras 3D domésticas a través de los fabricantes españoles, y además estudiaremos y compararemos a dichos fabricantes para ver cómo está la situación de este sector en nuestro país. En el Anexo 1 se encuentra el listado de empresas con las impresoras domésticas de cada una.

3.1. VARIABLES DE PRODUCTO

Como hemos visto anteriormente, las primeras impresoras de uso personal se caracterizaban por ser en formato kit para que el cliente las montara por sí mismo, por lo que estaban dirigidas a un grupo reducido de personas (makers). Estas impresoras eran lentas, complicadas en su funcionamiento, ruidosas y poco autónomas ya que necesitaban de una persona para obtener un resultado eficiente y sin imperfecciones. La vida útil era muy escasa o incluso nula porque no todos los clientes que las compraban conseguían montar la impresora, se necesitaban una serie de conocimientos técnicos y mecánicos.

Por todo ello es interesante llevar a cabo un análisis para comprobar cómo han evolucionado las prestaciones de las impresoras 3D domésticas y ver también la dualidad con las impresoras ensambladas, cuya aparición es más reciente.

A continuación explicaremos las variables escogidas, después haremos una tabla aplicando las variables a los dos tipos de impresoras (ensambladas y formato kit) y por último haremos una comparación entre ambas para poder dilucidar sus características así como sus semejanzas y diferencias.

- **Precio:** esta variable es una de las más importantes, ya que pone el límite para diferenciar aquellas impresoras consideradas como personales de las que no lo son. Dicho límite se sitúa en los 5.000€.
- **Tecnología utilizada:** al inicio del apartado cuatro vimos como tres proyectos diferentes acabaron patentando 3 tecnologías, con el paso del tiempo han surgido nuevas tecnologías, pero todas ellas han sido dirigidas a la parte industrial de la impresión 3D. A continuación veremos las ventajas e inconvenientes de las tres tecnologías iniciales,

especificando en cada caso sus ventajas e inconvenientes así como los materiales que utilizan.

Tabla 3.1: Tecnologías

	VENTAJAS	INCONVENIENTES	MATERIALES
SLA (Estereolitografía)	Productos complejos. Superficie lisa.	Necesidad de aplicar un acabado después de la fabricación. Necesidad de apoyo.	Resinas y el plástico ABS.
SLS (Sinterizado Selectivo por Láser)	Sin necesidad de aplicar calor. Resistencia a sustancias químicas Calidad y Estabilidad	Poca precisión. Superficie áspera	Plásticos y metales.
FDM (Modelado por Deposición Fundida)	Producto final fuerte. Fácil de usar. Buena relación calidad-precio	Resultado mejorable y necesidad de apoyo.	Plásticos, madera, piedra, cerámica y materiales alimentarios.

Fuente: elaboración propia

- **Materiales utilizables para la impresión:** es uno de los campos donde las empresas han focalizado su investigación y su innovación. La importancia de esta investigación es que da la posibilidad de mejorar la calidad y propiedades de los objetos a imprimir. Podemos agrupar a los materiales en torno a cuatro categorías.

Imagen 3.2: Materiales



Fuente: elaboración propia

- **Dimensiones de la impresora:** variable importante dado que estamos hablando de impresoras personales, y los clientes han de ubicar dicha impresora en su vivienda o lugar de trabajo.
- **Volumen de impresión:** en esta variable hacemos referencia al tamaño máximo que se puede imprimir, cuanto mayor sea el volumen podremos dotar de más detalles a la figura a imprimir, repercutiendo así a la velocidad de impresión.
- **Número de extrusores:** el extrusor es una pieza clave en el proceso de impresión, su función es hacer el filamento/material más fino para que el trabajo sea más sencillo a la par que rápido. El que una impresora tenga uno o dos extrusores hace referencia a la posibilidad de imprimir objetos en un color o dos. Dentro del extrusor nos encontramos con otra pieza muy importante: el Hotend, Su trabajo consiste en fundir el filamento para irlo incorporándolo a la base de impresión.
- **Base calefactada:** es la superficie donde se va depositando el material fundido a través del hotend. Su importancia radica en la temperatura que tiene que alcanzar para que el resultado final de la impresión sea bueno. De entre todos los materiales utilizables que hemos visto anteriormente, solamente el PLA es el que no necesita una temperatura alta, ya que no sufre tanta deformación por cambios en la temperatura.

En el Anexo 2 se encuentran las tablas correspondientes al análisis de las variables explicadas anteriormente para cada ambos tipos de impresoras 3D domésticas (ensambladas y formato kit). En la tabla siguiente se han recopilado los datos del anexo para poder hacer una comparativa entre impresoras ensambladas e impresoras formato kit.

Tabla 3.4: comparativa ensambladas vs formato kit

	ENSAMBLADAS	FORMATO KIT
PROPORCION SOBRE EL TOTAL DE IMPRESORAS ANALIZADAS.	17/26 → 65,38%	9/26 → 34,62%
PRECIO	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo: 4.343€ • Mínimo: 728€ • Media: 1.523,62€ 	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo: 849,5€ • Mínimo: 89€ • Media: 641,76 €
TECNOLOGÍA	FDM, salvo una que utiliza la tecnología SLA	FDM
MATERIALES	Todas usan plásticos (ABS, PLA, Nylon y Filaflex), además 3 de ellas pueden usar materiales cerámicos y metales.	Todas usan plásticos (ABS, PLA, Nylon y Filaflex). Además hay una impresora que incluye materiales cerámicos y otra que también puede utilizar metales.
DIMENSIONES	Media: 400 x 401 x 453	Media: 471 x 426 x 478
VOLUMEN DE IMPRESIÓN	Media: 200 x 185 x 195	Media: 245 x 211 x 192
Nº EXTRUSORES	1 extrusor: 64,7% 2 extrusores: 35,3%	1 extrusor: 88,88% 2 extrusores: 11,12%
BASE CALEFACTADA	15/17 → 88,23%	5/9 → 55,55%

Fuente: elaboración propia

Semejanzas: ambos tipos de impresoras tienen prácticamente las mismas dimensiones y volúmenes de impresión, también tienen impresoras con un extrusor y con dos y la mayoría de las impresoras de cada grupo cuentan con base calefactada.

En cuanto a la tecnología, solo hay una impresora entre los dos grupos que sea diferente al resto al no utilizar la tecnología FDM.

Por último, los materiales son los mismos en ambos grupos, destacar la evolución en este campo ya que, como vimos en los orígenes, solo se usaban plásticos y ahora hemos podido comprobar que las impresoras también toleran otros materiales como los metales y los cerámicos. En el Anexo 3 están especificadas las características de los materiales plásticos más usados.

Diferencias: la principal diferencia es el precio, ya que el de las ensambladas supone más de dos veces el de las de formato kit. Pero ¿por qué son más caras? La respuesta es que las ensambladas no necesitan un montaje previo a su uso, además tienen mucha más vida útil que las de formato kit y las reparaciones son menos necesarias con el transcurso del tiempo.

Otra de las diferencias, en mi opinión la más importante, es la proporción sobre el total de cada grupo de impresoras. Recordar que las primeras impresoras de corte doméstico que vieron la luz se caracterizaban por ser en formato kit, pero como se puede apreciar en la tabla en la actualidad hay más impresoras ensambladas que en formato kit. El trasfondo de esta cuestión es que el público objetivo en cada grupo es diferente, por lo que se deduce que el sector está evolucionando y se está expandiendo a otro tipo de consumidores diferentes a los iniciales.

- Formato kit: impresoras dirigidas a los *makers*.
- Ensambladas: impresoras dirigidas para cualquier persona para su uso doméstico o profesional.

Si aplicamos la teoría de Rogers (1983) podemos decir que la tasa de adopción de la tecnología de impresoras 3D domésticas se encuentra en una fase de crecimiento lento (segunda etapa). Las cinco etapas de la adopción de una innovación son identificables con cinco grupos de adoptantes. En primer lugar se encuentran los innovadores, caracterizados por ser los primeros que usan la innovación y por ser aventureros a la hora de experimentar con las nuevas tecnologías, este primer grupo se corresponde con la primera etapa denominada “comienzo” y en nuestro caso (impresoras 3D domésticas) los innovadores son los llamados *makers*.

La segunda etapa empieza cuando además de los innovadores aparecen en escena los primeros adoptantes. Son personas que gozan de un respeto social y se les considera como líderes en los negocios. En nuestro caso este grupo se correspondería con personas que compran impresoras ya ensambladas para sus casas, pero sobre todo para sus negocios.

3.2. MODELOS DE NEGOCIO

En este apartado vamos a ver cómo afecta la impresión 3D doméstica a los componentes del término “modelo de negocio”, ya que las impresoras ensambladas están cobrando mayor importancia al dirigirse a un público objetivo más amplio que las de formato kit.

Para los efectos nos ayudaremos de una tabla para comparar la fabricación doméstica con las otras fases de la impresión industrial vistas en el apartado 2.1. Las variables a comparar serán los componentes y subcomponentes que según Rayna y Striukova (2015) conforman un modelo de negocio. Las casillas en verde indican que subcomponentes son afectados por cada etapa.

Tabla 3.5: Componentes modelo de negocio

	Prototipado	Útiles rápidos (moldes)	Fabricación directa	Uso doméstico
Propuesta de valor				
Oferta de productos				
Oferta de servicios				
Modelo de precios				
Creación de valor				
Competencias básicas				
Recursos clave				
Gobernanza				
Activos complementarios				
Redes de valor				
Entrega de valor				
Canales de distribución				
Segmentos de mercado objetivo				
Captura de valor				
Modelo de ingresos				
Estructura de costes				
Asignación de beneficios				
Comunicación de valor				
Canales de comunicación				
Filosofía e historia				

Fuente: elaboración propia

Con el uso doméstico se aumenta el número de productos y servicios porque cada persona poseedora de una impresora puede crear sus propios productos y sus propios diseños, además de compartirlos. Al hacer estas actividades entra a formar parte de la red de valor, su impresora se convierte en un activo complementario y la persona se convierte en un canal de distribución y de comunicación.

En esta última fase se consigue satisfacer las necesidades de cualquier pequeño segmento de mercado. No hay un nicho de mercado más pequeño que la necesidad de una única persona, si esta persona tiene una impresora doméstica podrá satisfacer dicha necesidad.

El hecho de que las personas tengan en sus casas una impresora 3D hace que las empresas tengan que adaptar su forma de obtener ingresos y beneficios. Al igual que el sector de la música, las empresas deberán adaptarse a la mayor facilidad que hay de copiar/piratear productos patentados. Aplicado a este caso hay empresas que venden sus diseños en tiendas por internet para que el consumidor pague por el diseño y se imprima el producto en su casa.

Una vez visto las consecuencias de las impresoras 3D domésticas sobre los componentes de un modelo de negocio vamos a dar algunos ejemplos de negocios donde se usa este tipo de producto:

- **Fabricantes de impresoras 3D domésticas:** sin duda alguna este negocio es la piedra angular sobre el que se desarrolla el resto ya que si no hubiera impresoras 3D no habría el resto de actividades que vienen a continuación. Por ello los analizaremos más a fondo en el apartado 3.3
- **Fabricantes de filamentos y materiales** para la obtención de un mejor resultado final.
 - Empresas que además son fabricantes de impresoras: Dima3D tiene un producto llamado “DimaFix”, que se usa sobre la base de impresión en aquellas impresoras que necesiten calentar dicha cama antes de imprimir con el objetivo de que el objeto no se quede pegado a la base después de la impresión.
 - Otros: Nexeo 3D, es una empresa dedicada a la obtención de todo tipo de materiales de impresión, desde aquellos utilizados para el sector doméstico como para el industrial.

- **Distribuidores:** aparte de las empresas fabricantes las cuales pueden distribuir por si mismas a través de internet o con tiendas físicas, encontramos dos modelos de negocios diferentes:
 - Pequeños distribuidores cuya actividad principal es la propia distribución de impresoras, materiales, recambios de impresoras, escáneres 3D (por ejemplo “Imagin 3D”: tienda situada en Málaga y que vende impresoras de varios fabricantes españoles, así como filamentos, escáneres etc).
 - Grandes distribuidores: se han incorporado recientemente, pero las ventas que hagan de impresoras 3D domésticas representará una porción ínfima respecto a otros productos. En este grupo encontramos a empresas como Leroy Merlin o MediaMark.

- Otros servicios: prototipado, escaneado e impresión, reparaciones, servicio de descargas de diseños hechos por la empresa, formación para montaje de impresoras kit, formación en centros educativos etc. Los ejemplos de estos servicios los veremos en el apartado siguiente debido a que los fabricantes de impresoras 3D ofrecen la mayoría de ellos

3.3. VARIABLES DE EMPRESA. GRUPOS ESTRATÉGICOS

En este apartado comparemos a los fabricantes españoles de impresoras 3D domésticas, para ello utilizaremos como variables los subcomponentes de la propuesta de valor.

3.3.1. Cartera de productos

En esta variable veremos qué empresas están especializadas en el sector de la impresión 3D y cuales tienen otros productos que pueden no estar directamente unidos a dicho sector.

- Impresoras: veremos el número de impresoras que tiene cada empresa, cuántas de ellas son de uso doméstico y cuantas son industriales. Además, dentro de las domesticas haremos la distinción entre ensambladas y no ensambladas.

- Productos relacionados con la impresión 3D: consideramos como productos relacionados a los escáneres 3D, los consumibles (material de impresión y productos aplicados después de la impresión), los componentes (piezas sueltas y recambios), software y robótica.
- Productos no relacionados con la impresión 3D: aquí englobamos todos aquellos productos que no guarden una relación directamente con la impresión 3D, como por ejemplo, móviles y tablets.

3.3.2. *Servicios complementarios*

El objetivo es ver si las empresas se preocupan solo por la fabricación de las impresoras o van más allá y ofrecen un producto aumentado. Dividiremos estos servicios en varias categorías y veremos cuáles son los servicios prestados por cada una de las empresas.

- Cursos de formación o soporte para montaje y mantenimiento.
- Cursos de formación para usar software.
- Cursos de formación en colegios, institutos y universidades.
- Servicio de impresión 3D.
- Servicio de diseño y prototipado.
- Servicio de reparación.
- Servicio de descargas de diseños realizados.

3.3.3. *Precios*

En la tabla aparecerá una cantidad en las empresas que sólo tengan una impresora 3D doméstica y en las que tengan más de una pondremos el precio máximo y el mínimo.

Tabla 3.6: variables de empresa

Cartera productos	BCN Dynamics	BQ	DIMA 3D	Dooit	EntresD	León3D	Lewihe	Makergal	RepRapBCN	Stalacite	3DCPI
Impresoras: domésticas/industriales	1 D	3 D	2 D 1 I	1 D	3 D	2 D	2 D		4 D 2 I	1 D	5 D 2 I
Impresoras: ensamblada /no ensambladas	1 E	1 E 2 NE	2 E	1 E	3 E	1 E 1 NE	1 E 1 NE	2 NE	2 E 2 NE	1 E	4 E 1 NE
Precios	1.295	1.169 500	1.250 999	728	2199 799	1350 549	299 89	779 699	2.295 695	2.895	4.343 720
Relacionados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
No relacionados		✓									
Servicios											
F. Montaje	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
F. Software	✓	✓						✓	✓		✓
F. centros educativos		✓	✓								
Impresión 3D	✓		✓	✓	✓						
Diseño y prototipo	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓		
Reparación	✓	✓			✓	✓		✓			
Descargas	✓										

Fuente: elaboración propia

Para hacer los grupos estratégicos primero vamos a dividir en función de si las empresas tienen productos que no estén relacionados con la impresión 3D. Por un lado tendremos una vertiente de empresas diversificadas y otra de especializadas.

- **Diversificadas:** en este grupo solo tenemos a la empresa BQ. Se caracteriza por tener solo impresoras domésticas (ninguna industrial) y por tener tanto ensambladas como no ensambladas. Además cuenta con un gran número de servicios. Tiene una ventaja sobre el resto de empresas, ya que al tener una cartera diversificada soporta un menor riesgo, aunque hay que resaltar que las ventas de impresoras 3D domésticas no tienen mucha importancia en el cómputo global de ingresos de la empresa.

Las barreras de entrada en este primer grupo estratégico son insuperables para el resto de empresas analizadas, porque no pueden competir con la imagen de marca que BQ ha obtenido por parte de sus principales líneas de producto (móviles y tablets). Por lo tanto deberá prestar mayor atención a grandes empresas que puedan entrar en el sector y que, como ella, tengan otras líneas de productos más importantes que las impresoras 3D.

- **Especializadas:**
 - Grupo 1: formado por BCN Dynamics Dima3D, RepRapBCN y 3DCPI. Estas cuatro empresas tienen impresoras tanto domésticas como industriales, esta característica es importante porque aunque tengan una estrategia de especialización fabricando solo impresoras, dentro de ella diversifican riesgo ya que atienden tanto al sector industrial como al doméstico. Otra variable que tienen en común es el precio, las cuatro empresas tienen un precio medio superior a 1.000€.
 - Grupo 2: formado por Dooit, EntresD, León 3D, Lewihe, Makergal y Stalactite. El punto de unión lo encontramos en que solo fabrican impresoras domésticas. Pero dentro de este grupo podemos encontrar otros tres en función del precio. Clasificamos

según el precio porque las impresoras de estas empresas son bastante semejantes, por tanto el precio es la variable protagonista en el proceso de decisión de compra del cliente.

- Lewihe: precio medio 194€.
- Dooit, EntresD, León3D y Makergal: tienen un rango de precios desde 728€ a 1499€.
- Stalactite: 2895€ (este precio tan elevado es a causa de que no utiliza la tecnología más barata como el resto de sus competidores).

Dentro de las especializadas, las barreras de entrada en un grupo estratégico (ya sea por un nuevo competidor externo o por un movimiento desde un grupo a otro) son menos rígidas que en el caso de las empresas diversificadas, debido principalmente a los escasos costes fijos necesarios para introducirte en el sector. Estas empresas deberán tener cuidado especialmente con aquellas que son fuertes en el sector industrial. Ya que tienen un fuerte Know how y pueden entrar cuando el sector doméstico se desarrolle.

Cuadro 3.7: grupos estratégicos



Fuente: elaboración propia

4. PERSPECTIVAS DE FUTURO

En este apartado trataremos de hacer una previsión del futuro de este sector, ver cuáles de las características de las impresoras van a tener mayor importancia, ver qué retos se les presentan a las empresas ya instauradas en el sector y dar un pronóstico sobre cuánto tiempo tardarán las impresoras 3D domésticas en consolidarse en los hogares y pequeños negocios.

Para poder llevar a cabo este objetivo hemos hecho una serie de entrevistas telefónicas con algunos responsables de las empresas analizadas anteriormente:

- Marc Torras: CEO de la empresa EntresD.
- Manel Llera: responsable del departamento de ventas de la empresa 3DCPI.
- Beatriz Díez: Responsable de compras y administración de la empresa León 3D.
- Joan Raventós: Fundador y creador de la empresa Stalactite3D.

Características.

Las empresas presentes en el sector de la fabricación de impresoras 3D domésticas centrarán su investigación y esfuerzo en mejorar las características del producto para hacerlo llegar a un mayor número de personas, con el objetivo de hacer más fácil el consumo de las mismas. Resaltar las siguientes:

- investigación para obtener nuevos materiales que expandan las posibilidades de impresión: en la actualidad y como hemos podido comprobar, la mayoría de las impresoras utilizan diferentes tipos de plásticos como materia prima para la impresión. Estos materiales, en su mayoría, son contaminantes por lo que se pretende desarrollar otros que tengan un menor impacto ambiental negativo y que sean biodegradables. Fuera de los plásticos también se podrán utilizar otros materiales como aleaciones metálicas para el caso de las PYMES, para dar un mejor resultado en sus necesidades.

- Reducción de los precios: como ocurre con todas las innovaciones en sus etapas iniciales, las impresoras 3D aún tienen un precio elevado. Los fabricantes y distribuidores centrarán su objetivo en llevar a cabo una progresiva reducción de precios para poder así llegar a un mayor público objetivo.
- En cuanto a la dualidad de impresoras ensambladas vs impresoras en formato kit, los fabricantes optarán por la primera opción. Tal y como quedó demostrado en el análisis de las características de las impresoras en el apartado 3.3. Se seguirá la tendencia de fabricar cada vez más impresoras ensambladas y preparadas para su uso y disfrute nada más ser compradas.

Competidores y grupos estratégicos

- A medida que pase el tiempo nuevas empresas se introducirán en el mercado, pero no se espera que lo hagan en la fabricación, sino en otro tipo de modelo de negocio, la distribución. Los expertos prevén la introducción en el sector de distribuidores de impresoras 3D domésticas de grandes empresas con un reconocido nombre derivado de otras líneas de productos diferentes a las impresoras 3D. Los fabricantes que hemos situado en el grupo de especializadas verían con buenos ojos el cumplimiento de este pronóstico. El motivo es que las grandes empresas tienen una mayor capacidad de llevar a cabo actividades de promoción y comunicación para llegar a más clientes, lo que repercutiría en un aumento de las ventas.
- Por otra parte, también se espera que una vez las grandes empresas se asienten en el mercado como distribuidores, se convertirán en fabricantes a través de la compra de empresas pequeñas que ya ejerzan actividad como fabricantes para así poder aprovechar el “Know How” de éstas últimas. En este caso, las empresas pequeñas verían peligrar su posición en el mercado, como también lo haría BQ, ya que su soledad en el primer grupo estratégico llegaría a su fin.

Basándose en estas previsiones, los expertos vaticinan que la consolidación del sector de las impresoras 3D domésticas se producirá en dos o tres años.

Por nuestra parte, vamos a aplicar la teoría de Rogers (1983) a nuestro caso y analizaremos los factores que impulsan o retrasan el proceso de difusión y adaptación de las innovaciones con el objetivo de dar respuesta a la primera de las preguntas que nos planteamos en la introducción del presente trabajo:

¿Cuándo se consolidará la tecnología de la impresión 3D doméstica en los hogares españoles y PYMES?

Los factores son los siguientes:

- **Ventajas relativas:** este factor hace referencia a que si la innovación es mejor que aquello a lo que sustituye, si el cambio merece la pena.
 - Hogares: las impresoras domésticas no suponen una sustitución de algo que ya había anteriormente en las casas, es algo nuevo. La ventaja que aporta es el hecho de las personas pueden imprimir en tres dimensiones cosas que anteriormente tenían que comprar en tiendas, lo cual permite una reducción de tiempo y dinero en muchos casos. Con la impresora puedes obtener el producto en cualquier momento del día, no estás restringido a un horario para adquirirlo como pasa en las tiendas físicas. También puede darse la situación en la que el cliente quiera un producto con unas características determinadas que no se encuentran en el mercado, en este caso la ventaja relativa que se obtendría es la de personalización de productos, el cliente pasaría a ser un diseñador. La principal desventaja de esta tecnología es la calidad en el resultado final del objeto imprimido. Otra de las desventajas es la necesidad de tener unos conocimientos de diseño en el caso de que se quiera diseñar tu propio producto acorde a tus gustos y preferencias.
 - PYMES: de manera general la principal ventaja relativa sería la reducción de dinero y tiempo a través del prototipado.

Por ejemplo, la ventaja relativa para un arquitecto es poder hacer prototipos en tres dimensiones y no en dos dimensiones en una pantalla de ordenador, lo que obtiene es una mayor capacidad para observar detalladamente sus diseños. Para un joyero le supondría un menor coste hacer prototipos de joyas en plástico que directamente hacerlo en el material final del producto (por ejemplo oro y plata).

Entre las desventajas podemos encontrar, como en el caso de los hogares, la necesidad de adquirir conocimientos sobre programas de diseño para poder hacer los prototipos con el ordenador. Esta desventaja no sería aplicable al caso del arquitecto puesto que ya tienen estos conocimientos por el mero hecho de su profesión.

- **Posibilidad de observación:** mide la mayor o menor facilidad de ver los resultados y consecuencias de la aplicación de la innovación de manera tangible. Este factor resulta positivo en el proceso de difusión y adopción de las impresoras 3D domésticas puesto que es una innovación destinada a la producción de objetos.

- **Compatibilidad:** se trata de observar si la innovación es compatible con los hábitos de consumo, experiencias, valores y necesidades de las personas que posiblemente adoptarían esta innovación.
 - En el caso de los hogares la compatibilidad es prácticamente nula, porque al ser algo nuevo no concuerda con sus hábitos de consumo ni experiencias.

Cabe resaltar el caso de los ya conocidos *makers* puesto que con ellos sí que existe una compatibilidad en lo referente a los valores y experiencia de los mismos. Recordad que los *makers* se caracterizaban por ser personas inquietas y que les gusta producir cosas con sus propias manos, por lo que las impresoras 3D les brindan una herramienta para potenciar estas características, sobre todo al principio cuando era necesario un proceso de montaje de la impresora antes de poder utilizarla. Aunque las empresas tengan una tendencia de fabricar impresoras

ensambladas, el segmento de los *makers* es importante porque siempre están dispuestos a hacer mejoras en las impresoras y de hecho la mayoría de las empresas que hemos analizado fueron puestas en marcha por ellos. Las mejoras siempre repercuten positivamente en todo el sector de la impresoras 3D domésticas.

- En las PYMES también tenemos una variabilidad como con las ventajas relativas. Seguimos con los ejemplos anteriores. El arquitecto sí que tendría compatibilidad por saber hacer diseños con programas de ordenador, caso contrario al joyero. En cuanto a la necesidad, consideramos que en las PYMES esta innovación sí que resultaría más necesitada porque como ya hemos dicho las ventajas relativas se basan en la reducción de dinero y tiempo.
- **Complejidad:** este factor es sin duda el que retrasa el proceso de difusión puesto que las impresoras 3D no son fáciles de usar o de comprender. Ni para los *makers* estas tareas son sencillas. En el apartado del pasado vimos como en los inicios de este tipo de impresoras se necesitaban una serie de conocimientos técnicos y mecánicos para poder ensamblar las piezas que las componían. Con el transcurso del tiempo se ha visto la evolución de las impresoras y como ya no todas necesitan ser montadas por el cliente, aun así se necesitan conocimientos para hacerlas funcionar y para llevar a cabo labores de mantenimiento necesarias según va avanzando la vida útil de las impresoras. Esta complejidad sería equitativa tanto en los hogares como en las PYMES.

Una vez visto los factores, podemos llegar a la conclusión que la tecnología de impresión 3D doméstica tardará más tiempo que el predicho por los expertos en llevar a cabo su difusión en el caso de los hogares. El motivo es que las ventajas relativas son poco importantes, además la compatibilidad y complejidad actúan de manera negativa retrasando el proceso de difusión y adaptación de la tecnología. También pienso que las impresoras 3D domésticas no llegarán a todos los hogares porque no existe una gran necesidad de ello, según sus aplicaciones actuales.

En el caso de PYMES y negocio este proceso será más rápido, motivado principalmente por la importancia de sus ventajas relativas y porque la compatibilidad en algunos negocios resulta positiva.

¿Supondrá esta tecnología una tercera revolución industrial?

“Muchos economistas pronostican que las impresoras 3D producirán una Revolución Industrial comparable a la de la máquina de vapor que dio paso a la producción industrial a comienzos del siglo XX. De la misma forma, las impresoras 3D personales muy pronto podrían eclipsar a la producción industria masiva como la conocemos y remplazarla por la producción individualizada de bienes fabricados en nuestros hogares. Cada vez más, según aseguran muchos, la consigna de las empresas exportar el diseño y no el producto, porque bajaremos diseños a nuestra computadora y produciremos nuestros propios objetos en nuestras propias casas cambiándoles las partes, los colores y los materiales que queramos”. (Oppenheimer 2014, pp, 115).

Desde mi punto de vista, el texto anterior es demasiado extremista porque no todo se puede producir en las casas, principalmente porque no vivimos en grandes mansiones y porque como he dicho antes no preveo que todos los hogares vayan a tener una impresora 3D doméstica. No considero que la impresión 3D domestica sea una revolución en sí misma, sino que potencia el efecto de la misma junto con otras tecnologías.

Tercera revolución industrial: se caracteriza por incorporar la tecnología de la información para digitalizar los procesos de producción. Los ordenadores personales, internet y las impresoras 3D industriales son los baluartes de esta última revolución. Esta revolución tiene una serie de características Pampillon (2012):

- Se obtiene una mayor eficiencia productiva porque los costes de fabricación se reducen.
- Menor necesidad de mano de obra.
- Automatización de la producción.
- Versatilidad en el proceso productivo, en una misma línea se puede fabricar productos distintos.

¿Desaparecerá la ventaja competitiva en costes de las grandes empresas a través de la desaparición de las economías de escala a causa del efecto conjunto de la impresión 3D industria y doméstica?

La organización y estructura fabril sufrirá un gran cambio, poco a poco veremos cómo las empresas en vez de deslocalizar la fabricación de sus productos en países donde la mano de obra es barata, empezarán a producir directamente en los países donde venden sus ya mencionados productos. En otras palabras, la producción se va a localizar. Esto desemboca en el resurgir industrial de los países desarrollados. Los motivos de este cambio son según Pampillón (2012):

- Hay una menor necesidad de mano de obra en el proceso productivo → menores costes de producción → menor necesidad de deslocalizar la producción.
- La mano de obra necesaria tendrá que estar muy formada porque los procesos productivos estarán ligados a softwares inteligentes. Esta mano de obra cualificada se encuentra más fácilmente en países desarrollados que en los subdesarrollados.
- Necesidad de investigación y desarrollo para mejorar la productividad. En los países desarrollados es donde realmente se llevan a cabo labores de I+D, tanto por empresas como por universidades.

Aunque el sistema fabril cambie, no se llevará a cabo una extinción de las economías de escala de manera generalizada. Principalmente por dos motivos:

- Se necesitarán comprar productos hechos a la manera tradicional porque no todo el mundo tendrá en su casa una impresora 3D.
- No todas las empresas van a aplicar la tecnología de la impresión 3D en su proceso de producción, no siempre es rentable. La tecnología de la impresión 3D es eficiente en aquellos casos en los que se quieran producir objetos individuales o pequeños lotes, en cambio, es mejor utilizar la tecnología tradicional cuando se habla de grandes lotes de producción. La razón la encontramos en los costes marginales de la producción, en el primer caso estos costes son constantes y en el segundo son decrecientes a medida que aumenta la producción, habrá un punto de inflexión entre ambas tecnologías.

5. CONSLUSIONES

Una vez acabado el trabajo, se puede llegar a una serie de conclusiones:

- Aunque ha quedado reflejado un gran avance desde sus inicios, la impresión 3D doméstica no se va a consolidar de manera general en todos los hogares. Además el proceso de difusión y adaptación de esta tecnología será superior a lo apuntado por los expertos.
- La verdadera aplicación de la impresión 3D doméstica se encontrará en las PYMES y pequeños negocios.
- Los fabricantes de impresoras 3D domésticas se centrarán en la producción de impresoras cada vez más especializadas para cada tipo de negocio. Y también en mejorar las características de las impresoras ensambladas (precio, materiales, manejabilidad) para intentar reducir el proceso de difusión y adopción en los hogares.
- Habrá grandes empresas que formarán parte de este mercado como distribuidores de impresoras 3D domésticas. Esto ayudará a reducir el proceso de difusión y adaptación.
- La revolución de las impresoras 3D domésticas no será considerada como una revolución industrial en sí misma.
- La tecnología de la impresión 3D en su conjunto (industrial más doméstica) no acabará con el sistema de fabricación actual ni con las economías de escala

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, Chris. (2013): *Makers. La nueva revolución industrial*. Editorial Empresa Activa, Nueva York.
- Esteban, Marco (2012). *Trabajo fin de grado: Construcción de una impresora 3D Open Source*.
- García Pujadas, Albert (30/06/2013): *La revolución makers en 14 ideas*. <http://www.qtorb.com/2013/06/la-revolucion-makers-en-14-ideas.html>
- ICEX-Invest in Spain (01/11/2015): «Informe Impresión 3D»
- J. Petrick, Irene and W. Simpson, Timothy (2013): «3D Printing Disrupts Manufacturing: how Economies of one create new rules of competition», *Research-Technology Management*, November-December, pp. 12-16
- Oppenheimer, Andrés. (2014): *¡Crear o Morir!* Editorial Vintage Español, Nueva York.
- Pampillón, Rafael (29/08/2012): *La tercera revolución industrial*. <http://economy.blogs.ie.edu/archives/2012/08/la-tercera-revolucion-industrial.php>. (Última visita 16/07/2016)
- Paniagua, Soraya (18/02/2013): *de RepRap a Makerbot: la impresión 3D y la manufactura personal*. www.sorayapanyagua.com (Última visita 03/05/2016).
- Ramírez Ferrero, Mario (15/01/2015): «Market impact and perspectives of 3D printing technologies». Información disponible en www.dima3d.com (Última visita 10/07/2016).
- Rayna, T y Striukova, L (2015): «From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation », *Technological Forecasting & Social Change*, 102, pp. 214-224
- Rogers, Everett M (1983): *Difussion of innovations*. Editorial Free Press, Londres.
- Sculpteo: www.sculpteo.com Última visita (14/07/2016).
- Strategy Analytics (2014) «*impresoras 3D domésticas: oportunidades de mercado y obstáculos*»
- Vazhnov, Andrei (2013): *Impresión 3D, como va a cambiar el mundo*. Editorial Baikal.
- Wohlers Report (2014).
- Wohlers Report (2016)

- Información sobre las variables de empresa y las características de las impresoras a través de las páginas web de las propias empresas:
 - BCN Dynamics: www.bcndynamics.com.es (Última visita 20/03/2016)
 - BQ: www.bq.com.es (Última visita 20/03/2016)
 - Dima 3D: www.dima3d.com (Última visita 20/03/2016)
 - Dooit: www.dooitprinter.com. (Última visita 20/03/2016)
 - EntresD: www.entresd.es. (Última visita 21/03/2016)
 - León 3D: www.leon-3d.es (Última visita 21/03/2016)
 - Lewihe: www.lewihe.com (Última visita 22/03/2016)
 - Makergal: www.makergal.es (Última visita 22/03/2016)
 - RepRapBCN: www.reprapbcn.com (Última visita 23/03/2016)
 - Stalactite: www.stalactite3d.com (Última visita 23/03/2016)
 - 3DCPI: www.3dcpi.com (Última visita 23/03/2016)

7. ANEXOS.

ANEXO 1: LISTADO DE EMPRESAS CON SUS CORRESPONDIENTES IMPRESORAS ANALIZADAS.

- BCN Dynamics:
 - Frax 3D (ensamblada).
- BQ:
 - Witbox 2 (ensamblada)
 - Prusa i3 Hephestos (sin ensamblar)
 - Hephestos 2 (sin ensamblar)
- DIMA 3D:
 - Dima LT (ensamblada)
 - Dima Box (ensamblada)
- Dooit:
 - Genuine (ensamblada)
- EntresD
 - EntresD up Plus 2 (ensamblada)
 - EntresD up Box (ensamblada)
 - EntresD up Mini (ensamblada)
- León 3D:
 - Legio 3D (sin ensamblar)
 - Lion pro 3D (ensamblada)
- Lewihe:
 - Lewihe play sin ensamblar
 - Lewihe play ensamblada
- Makergal:
 - Mendel Max XL V5 (sin ensamblar)
 - Mendel Max XL V5 (ensamblada)
- RepRap BCN:
 - BCN3D SIGMA (ensamblada)
 - BCN3D+ (ensamblada)
 - BCN3D+ (sin ensamblar)
 - BCN3DR (sin ensamblar)
- Stalactite:

- Stalactite 102 (sin ensamblar)
- 3DCPI:
 - 3DCPI-01 (ensamblada)
 - 3DCPI-02 (ensamblada)
 - 3DCPI-03 (ensamblada)
 - 3DCPI formato kit ensamblada
 - 3DCPI formato kit sin ensamblar

ANEXO 2: VARIABLES DE PRODUCTO PARA IMPRESORAS KIT Y ENSAMBLADAS.

Análisis variables impresoras formato kit

MODELO	PRECIO	TECNOLOGÍA	MATERIALES	DIMENSION	VOLUMEN IMPRESIÓN (mm)	EXTRUSORES	BASE CALEFACTADA
Prusa i3 Hephestos	500€	FDM	PLA y filaflex.	460x383x580	215x210x180	1	NO
Hephestos 2	849,9€	FDM	PLA, filaflex, madera, bronce y cobre	450x605x661	210x297x220	1	NO
Legio 3D	549€	FDM	PLA, ABS, Nylon, Filaflex.	520x430x570	200x200x200	1	SI
Lewiwe play	89€	FDM	PLA y Filaflex.	210x210x250	105x105x130	1	NO
BCN 3D+	895€	FDM	PLA, ABS, Nylon y cerámicos	480x480x455	252x200x200	1	SI
BCN 3DR	695€	FDM	PLA	370x560	170x180	1	NO
Mendel Max XL V5	699€	FDM	PLA, ABS, Nylon	625x450x450	380x230x220	1	SI
Mendel Max XL V5 (Premium)	799€	FDM	PLA, ABS, Nylon	620x450x450	380x230x220	1	SI
3DCPI KIT	719,95€	FDM	PLA, ABS, Filaflex.	405x405x410	220x220x170	2	SI

Fuente: elaboración propia

Análisis variables impresoras Ensambladas

MODELO	PRECIO	TECNOLOGIA	MATERIALES	DIMENSION	VOLUMEN IMPRESIÓN (mm)	EXTRUSORES	BASE CALEFACTADA
Frax 3d	1295€	FDM	PLA, ABS, Nylon, Filaflex		200x200x200	1 o 2	SI
Witbox 2	1169€	FDM	PLA, filaflex, madera, bronce y cobre	508x485x461	297x210x200	1	NO
Dima LT	999€	FDM	PLA, ABS, Nylon.		200x200x200	1	SI
Dima Box	1250€	FDM	PLA, ABS, Nylon		150x165x165	1	SI
Genuine	728€	FDM	PLA, ABS, Nylon	442x370x400	200x200x150		SI
Up Box	2199€	FDM	PLA, ABS	485x495x520	255x205x205	1	SI
Up plus 2	1499€	FDM	PLA, ABS	245x260x350	140x140x135	1	SI
Up mini	799€	FDM	PLA, ABS	240x340x355	120x120x120		SI
Lion pro 3D	1350€	FDM	PLA, ABS, Nylon, Filaflex	415x525x480	200x200x200	1	SI
Lewihe Play	299€	FDM	PLA y Filaflex	210x210x250	105x105x130	1	NO
BCN3D SIGMA	2295€	FDM	PLA, ABS, Filaflex, metales, cerámicos y compuestos.	465x440x680	210x297x210	2	SI
BCN 3D+	995	FDM	PLA, ABS, Nylon y cerámicos	480x480x455	252x200x200	1	SI
Stalactite 102	2895€	SLA	Resinas		102x76,8x180	1	NO
3DCPI-01	1198€	FDM	PLA, ABS, Nylon	480x338x385	225x145x150	2	SI
3DCPI-02	1802€	FDM	PLA, ABS, Nylon	405x405x410	220x220x190	2	SI
3DCPI-03	4343€	FDM	PLA, ABS, Nylon	420x460x740	300x250x520	2	SI
3DCPI KIT	786,50€	FDM	PLA, ABS, Filaflex	405x405x410	220x220x170	2	SI

Fuente: elaboración propia

ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS MÁS UTILIZADOS.

	CARACTERÍSTICAS
ABS	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad y resistencia - Capaz de soportar temperaturas extremas - Reutilizable - Inconvenientes: no es biodegradable y es necesario calentar la plataforma/base de impresión porque el material se encoje al entrar en contacto con el aire y si esto pasa el objeto a imprimir será defectuoso. - Precio: entre 15 y 25€ el kilogramo.
PLA	<ul style="list-style-type: none"> - Permite imprimir objetos con gran precisión. - Es biodegradable (se fabrica con materias primas renovables). - Ausencia de toxicidad. - No necesita calentar la base de impresión. - Inconveniente: facilidad de deterioro, sobre todo si entra en contacto con el agua. - Precio: entre 15 y 25€ el Kilogramo
NYLON	<ul style="list-style-type: none"> - Dota al producto de estabilidad, rigidez, flexibilidad y resistencia ante choques y ante la corrosión. - Maleable. - Inconvenientes: baja resistencia ante altas temperaturas, su fabricación produce muchos residuos, difíciles de degradar e inflamable. - Precio: 90€ el Kilogramo
FILAFLEX	<ul style="list-style-type: none"> - Gran flexibilidad y elasticidad - Resistente a productos químicos. - No necesita calentar la base de impresión. - Su aplicación principal es imprimir ropa. - Inconveniente: es poco transpirable. - Precio: 70€ el Kilogramo.

ANEXO 4: EXPERTOS ENTREVISTADOS TELEFÓNICAMENTE Y PREGUNTAS REALIZADAS.

Marc Torras: CEO de la empresa EntresD

Manel Llera: responsable del departamento de ventas de la empresa 3DCPI

Beatriz Díez: Responsable de compras y administración de la empresa León 3D.

Joan Raventós: Fundador y creador de la empresa Stalactite3D

Preguntas:

- ¿Cuáles son los atributos/características de las impresoras 3D domesticas en los que las empresas de este sector centrarán su investigación en un futuro próximo?

- Según sus previsiones ¿Cuándo más o menos se consolidará la impresión 3D en los hogares y pymes? En esta pregunta sí que me gustaría saber si vuestra empresa está en crecimiento en cuanto a ventas y si está viendo que cada vez más gente se interesa por esta tecnología.

- ¿prevé la entrada de nuevos competidores en el sector de fabricación de impresoras 3D domesticas o las empresas se centrarán en otro tipo de negocios como por ejemplo sector de distribuidores, empresas que crean un software etc? Distribución y grandes empresas.

- Siguiendo el hilo de la pregunta anterior ¿Qué tipo de empresas son las que se introducirían en el sector, multinacionales y grandes empresas o empresas más pequeñas y de nueva creación?