

**ESTUDIO DE
VIGILANCIA TECNOLÓGICA
E INTELIGENCIA
COMPETITIVA EN
TECNOLOGÍAS DE
IMPRESIÓN 3D PARA
ALIMENTOS**

Estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en tecnologías de impresión 3D para alimentos
1a ed . - Buenos Aires : Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2015.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-1632-54-1

1. Ciencia y Tecnología.
CDD 607

Copyright © 2015 Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Godoy Cruz 2320 (C1425FQD) Buenos Aires

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723
Impreso en la Argentina

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso por escrito del editor.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1632-54-1

AUTORIDADES

PRESIDENTA DE LA NACIÓN
Dra. Cristina Fernández de Kirchner

PRESIDENTE Y CEO - GRUPO ARCOR
Cr. Luis Alejandro Pagani

MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA
Dr. Lino Barañao

GERENTE CORPORATIVO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN
Dr. Ing. Gabriel Raya Tonetti

SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA
Dra. Ruth Ladenheim

GERENTE DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO GOLOSINAS
Ing. Gabriel Oscar Rey

SUBSECRETARIO DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA
Lic. Jorge Robbio

GERENTE DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CHOCOLATES
Lic. Marcelo Adrián Salcedo

DIRECTOR NACIONAL DE ESTUDIOS
Dr. Ing. Martín Villanueva

GERENTE DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PACKAGING FLEXIBLES
Ing. Mariano Martín Melo

JEFE DE VIGILANCIA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA
Ing. Jorge Gabriel Acuña Romero

EQUIPO DE TRABAJO

PROGRAMA NACIONAL VINTEC

Esp. Ing. Miguel Guagliano
Esp. Lic. Nancy Pérez

GRUPO ARCOR

Equipo de Investigación, Desarrollo e Innovación Corporativo del Grupo ARCOR
Ing. Jorge Gabriel Acuña Romero

Equipo de Investigación, Desarrollo e Innovación de la empresa CONVERFLEX S.A., empresa relacionada del Grupo ARCOR
Ing. Sergio Araujo

Equipo de Investigación, Desarrollo e Innovación, Negocio Golosinas, Grupo ARCOR
Ing. Alexis Debuchy

Equipo de Investigación, Desarrollo e Innovación, Negocio Chocolates, Grupo ARCOR
D.I. Ignacio Pilotto

CONSULTOR ESPECIALISTA EN PROPIEDAD INTELECTUAL

Ing. Pablo Paz

CONSULTOR ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍAS DE IMPRESORAS 3D

D.I. Agustín Losso

CONSULTOR ESPECIALISTA EN VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Ing. Laura Lefevre

Por consultas y/o sugerencias, por favor dirigirse a vintec@mincyt.gob.ar

PRÓLOGO	6
RESUMEN EJECUTIVO	8
1. MARCO INSTITUCIONAL	11
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	15
2.1 TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA E IMPRESIÓN 3D	15
2.1.1 INTRODUCCIÓN	15
2.1.2 ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA ADITIVA?	20
2.1.3 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA	22
2.1.3.1 Descripción básica y genérica del proceso de fabricación y sus fases	22
2.1.3.2 Clasificación y características de procesos y tecnologías	24
2.1.3.3 Procesos de la industria de fabricación aditiva	31
2.1.4 VISIÓN HISTÓRICA DE LA TECNOLOGÍA	40
2.1.4.1 "Time line" de la tecnología 3D	40
2.1.4.2 Análisis evolutivo actual y a futuro	51
2.1.5 EL MERCADO DE LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN ADITIVA	54
2.1.6 BENEFICIOS E IMPACTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA	57
2.1.7 Limitaciones y desafíos tecnológicos a futuro	60
2.2 LA INDUSTRIA ALIMENTICIA Y LA IMPRESIÓN 3D	64
2.3 LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA	72
2.3.1 DEFINICIONES DE VIGILANCIA E INTELIGENCIA	72
3. RELACIÓN ENTRE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y LA TECNOLOGÍA DE IMPRESORAS 3D	77
3.1 ALCANCE DEL ESTUDIO	77
3.2 BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA EN IMPRESORAS 3D EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	79
3.2.1 TENDENCIAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES A NIVEL MUNDIAL	79
3.2.2 PRINCIPALES PAÍSES LÍDERES	80
3.2.3 SOLICITANTES LÍDERES	80
3.2.4 PRINCIPALES ÁREAS TECNOLÓGICAS	81
3.2.5 PAÍSES LÍDERES VS ÁREAS TECNOLÓGICAS	82
3.2.6 SOLICITANTES LÍDERES VS ÁREAS TECNOLÓGICAS	83
3.2.7 CANTIDAD DE REGISTROS DE PATENTES POR PAÍS Y POR AÑO	84
3.2.8 CANTIDAD DE PERSONAS ACTIVAS POR AÑO	85
3.2.9 INTERRELACIÓN ENTRE ORGANIZACIONES	85
3.2.10 MAPA DE TECNOLOGÍAS	86
3.3 BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA EN IMPRESORAS 3D EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	87
3.3.1 ANÁLISIS SOBRE LAS PRINCIPALES PUBLICACIONES CIENTÍFICAS	87
3.3.2 PRINCIPALES PAÍSES	98
3.3.3 REDES DE COLABORACIONES ENTRE INSTITUCIONES	99
3.4 BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN A PARTIR DE OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍAS DE IMPRESORAS 3D, EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	100
3.4.1 ANÁLISIS Y REFLEXIÓN DE OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN A NIVEL MUNDIAL	113

4. PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES	116
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
6. ENLACES DE INTERÉS	123
7. OTRAS LECTURAS DE CONSULTA	126
ANEXO 1. ENFOQUE METODOLÓGICO	127
ANEXO 2. LISTADO DE CÓDIGOS INTERNACIONALES DE PATENTES (IPC)	134
ANEXO 3. CÓDIGOS DE PAÍSES	135
ANEXO 4. GLOSARIO	136
ANEXO 5. ACRÓNIMOS	142

PRÓLOGO

Desde la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva en 2007, el desarrollo de sus políticas nacionales ha reconocido el valor estratégico de la información y la necesidad de elaborar y perseguir una estrategia de gestión del conocimiento y la innovación en el territorio.

El Ministerio, a través de su Secretaría de Planeamiento y Políticas (SePP), tiene como misión formular las políticas científicas y la planificación del desarrollo de la tecnología como instrumento para dar respuesta a problemas sectoriales y sociales. Contribuye al incremento de la competitividad del sector productivo, sobre la base del desarrollo de un nuevo patrón de producción basado en bienes y servicios con mayor densidad tecnológica.

En mayo de 2010, la SePP puso en marcha el Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) perteneciente a la Dirección Nacional de Estudios, a través de la Subsecretaría de Estudios y Prospectiva, con el fin de buscar promover, sensibilizar y gestionar actividades de VeIE en grandes empresas, PyME, asociaciones empresariales, entidades gubernamentales, universidades y organismos públicos y/o privados de investigación.

Por su parte, el Grupo ARCOR es la principal empresa de alimentos de Argentina, el primer productor mundial de caramelos y el principal exportador de golosinas de Argentina, Brasil, Chile y Perú y, a través de Bagley Latinoamérica S.A., la sociedad conformada con el Grupo Danone para los negocios de galletas, alfajores y cereales en Latinoamérica, es una de las empresas líderes de la región.

El Grupo ARCOR, dentro de su Gerencia Corporativa de Innovación y Estrategia Tecnológica, creó en septiembre de 2011 un área que coordina

corporativamente las actividades en materia de vigilancia e inteligencia estratégica, actividad que se suma en su estrategia de innovación abierta, a las actividades de vinculación tecnológica y análisis e incubación de nuevos negocios.

El trabajo que se presenta al lector en esta oportunidad es resultado de acciones de vigilancia e inteligencia estratégica llevadas delante de manera conjunta por el Ministerio y el Grupo ARCOR S.A., en el marco del convenio de cooperación técnica vigente entre los mismos. El “Estudio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva en Tecnologías de Impresión 3D para Alimentos” tiene por objetivo realizar un informe acerca del estado del arte de la tecnología de Impresión 3D, identificando su matriz tecnológica, relevando información respecto a su estado de situación en los aspectos científico, tecnológico y comercial; reflexionando y señalando finalmente, principales hallazgos y recomendaciones aplicadas a la industria de alimentos.

La SePP pone este estudio a disposición del sector alimenticio y de todos aquellos actores interesados o vinculados con la investigación, desarrollo y aplicación de las tecnologías de “Impresión 3D” y la “Fabricación Aditiva”, como instituciones gubernamentales, científicas y tecnológicas, y otras de la sociedad civil, con el objetivo de contribuir positivamente a su conocimiento y evolución.

Dr. Ing. Gabriel Raya Tonetti

Gerente Corporativo de Investigación
Desarrollo e Innovación
Grupo ARCOR S.A.

Dra. Ruth Ladenheim

Secretaria de Planeamiento y Política
Ministerio de Ciencia, Tecnología e
Innovación Productiva

RESUMEN EJECUTIVO

La tecnología con mayor auge y desarrollo de la actualidad es la de manufactura aditiva o “impresión 3D”. Esto es observable en los medios de comunicación mundiales, donde casi diariamente se dan muestras de aplicaciones vigentes y potenciales de esta tecnología.

Tratando de entender un índice de madurez referido a esta tecnología, se debe desglosar a la misma en 4 sub-sistemas básicos y generales: impresora (*hardware*), *software*, materiales y aplicación. La conjunción de estos 4 sub-sistemas indicará el grado de desarrollo en el que se encuentra cada aplicación.

Si se trata de madurez de la tecnología aplicada a la manufactura de prototipos y pequeñas piezas que no requieren esfuerzos mecánicos o físicos basados en materiales plásticos, se trata de un grado de madurez alto, ya que se habla de un sistema en el cual, la impresora, el *software*, los materiales (termoplásticos) y la aplicación, ya se encuentran en etapa de comercialización, en donde, obviamente, se pueden encontrar distintos precios, calidad y *performance*.

Esta madurez puede ser aún mayor, esto es, la tecnología no está completamente desarrollada en la actualidad, ya que aún no se encuentra disponible “masivamente”. Cada vez más se avanza en la dirección de lograr tener una impresora 3D en cada hogar, así como alguna vez se planteó el mismo desafío para las computadoras (“*A computer in every home*”¹). Las impresoras 3D presentan el mismo paradigma.

La manufactura aditiva o impresión 3D de alimentos podría proporcionar en el futuro una solución de ingeniería para el diseño personalizado de alimentos y control de la nutrición personalizada, una herramienta de creación de prototipos para facilitar el desarrollo de nuevos productos alimenticios y una potencial tecnología para volver a configurar una cadena de suministro de alimentos a medida.

¹ <http://www.telegraph.co.uk/technology/3357701/Bill-Gatess-dream-A-computer-in-every-home.html>

No obstante, volviendo al concepto de madurez de la tecnología, nos encontramos con una tecnología aplicada a un material (alimenticio) de una complejidad considerable, ya que no solo se debe garantizar el cumplimiento del diseño y estructura del alimento, sino también el desarrollo de texturas, sabores y conservación de nutrientes, garantizando además la inocuidad de los productos elaborados con dicha tecnología.

Así también, la complejidad está dada por la matriz del alimento, por la amplitud de ingredientes posibles a utilizar (“multi-materialidad”) y la utilización de los procesos de elaboración y conservación actuales, en modo de permitir obtener productos con sus respectivos requerimientos de inocuidad.

Refiriéndose a la temática de inocuidad alimentaria, aún ningún organismo reconocido a nivel mundial se ha expedido sobre recomendaciones de uso de esta tecnología aplicada a los alimentos, como sí ha sucedido en otras industrias como la farmacéutica y la de insumos médicos, donde la impresión 3D tiene un impacto muy significativo.

Otra consideración importante es la velocidad de fabricación, ya que un paradigma importante de la industria alimenticia se refiere a los volúmenes de fabricación que resultan necesarios para poder alimentar al mundo. Las velocidades actuales de la tecnología de impresión 3D no pueden ser consideradas velocidades de nivel industrial en ningún modo, en este aspecto la brecha es muy grande aún.

El impacto de esta tecnología en la industria alimenticia se estima será significativo, ya que empodera al consumidor en aspectos de personalización, nutrición, desarrollos de nuevas texturas y formas, producción flexible y *on-demand* (a demanda), conveniencia y experiencia social.

El mercado de impresión 3D se valoró en US\$ 1,9 mil millones en 2011 (informe Wohlers 2012). Es así que el sector tuvo una tasa de crecimiento anual compuesto

(CAGR) del 24,1% en 2010 y casi el 30% en 2011 (esto representa un aumento de US\$ 1,7 mil millones)².

Durante el año 2012, la actividad económica dentro del sector registró un crecimiento a una tasa del 28,6% (CAGR) aumentando en US\$ 2,2 mil millones (informe Wohlers 2013³).

En el presente estudio se realiza una introducción al mundo de la manufactura aditiva o impresión 3D, se detalla su estado actual de desarrollo, su relación general con la industria alimenticia, y su relación específica respecto del aspecto científico y tecnológico, permitiendo generar conocimiento para comprender las oportunidades y desafíos existentes en pos de lograr aprovecharlos y explotarlos.

² Additive Manufacturing Special interest Group (AM Sig). Materials KTN, Technology Strategy Board U.K. "Shaping our national Competency in additive manufacturing", 2012, p4.

³ Wohlers T., "Wohlers Report 2013. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report", 2013.

1. MARCO INSTITUCIONAL

Los incrementos permanentes de competidores a nivel global, los escenarios sin fronteras físicas generados por las tecnologías Web, la disminución permanente de los ciclos tecnológicos y comerciales, la internacionalización y la libre circulación del conocimiento, son todos elementos que generan y generarán cada vez mayores presiones en los niveles de competitividad de las empresas y de las instituciones, tanto en términos cuantitativos como cualitativos.

Todos los actores que conforman las sociedades modernas se ven alcanzados por los efectos de estas cambiantes condiciones y reglas de juego, que presenta hoy la lógica del desarrollo económico y social. Es en este contexto y gracias al desarrollo actual de las tecnologías de información y comunicación, que han surgido y adquirido un rol cada vez más central nuevas temáticas como Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTelC).

Estas nuevas herramientas y áreas de trabajo intentan complementar y potenciar desde nuevos ángulos la dinámica central de desarrollo de un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). Su aporte específico se enfoca en la disminución de los niveles de incertidumbre, de los niveles de riesgo y de la complejidad de los procesos de innovación, propiciando la generación de bases sólidas para el establecimiento de conductas sustentables de competitividad intensiva en innovación y gestión del conocimiento.

La vigilancia puede definirse como la búsqueda y detección de informaciones orientadas a la toma de decisiones competitivas sobre amenazas y oportunidades externas, maximizando la utilidad de las fortalezas propias y disminuyendo el impacto de las debilidades. La vigilancia tecnológica en particular, detecta informaciones en el ámbito de la ciencia y la tecnología, y señales débiles sobre innovaciones potencialmente útiles que ayudan a la empresa o instituciones a hacer frente a los niveles de competitividad actuales.

En forma complementaria, la inteligencia competitiva se ocupa del análisis, el tratamiento de la información, la evaluación y la gestión de los procesos de

decisiones estratégicas dentro de las empresas e instituciones, integrando los sistemas de vigilancia tecnológica, así como vigilancia comercial, vigilancia de competidores, vigilancia de entornos, entre otras.

Las actividades de VTelC resultan ser entonces herramientas claves en los procesos de innovación y en el fortalecimiento de los SNCTI, por lo cual existe la necesidad de posicionar y lograr un alto nivel de difusión de esta área temática en los distintos actores sociales, logrando la concreción de una práctica generalizada y sistemática por parte de los mismos.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (www.mincyt.gob.ar), consciente de su importancia, ha diseñado un Programa para la realización de estudios y proyectos en materia de Vigilancia e Inteligencia (Vel), incluyendo así un conjunto de actividades que desde un ángulo más aplicado e instrumental pretende fortalecer las capacidades de los actores del Sistema Nacional de Innovación.

En mayo 2010, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, creó el Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (Programa Nacional VINTEC) perteneciente a la Secretaría de Planeamiento y Políticas. Este Programa es una iniciativa con características pioneras en la Argentina y apunta a la promoción, sensibilización, difusión y gestión de vigilancia e inteligencia en grandes empresas, PyME, asociaciones empresariales, gobiernos, universidades, entre otras.

Dicho Programa Nacional, está conformado por expertos interdisciplinarios, que cuentan con formación de grado y/o postgrado en la temática, con experiencia informática y/o en el campo de la investigación, la innovación, el planeamiento estratégico y en formulación de estudios de mercado.

Por otra parte, el Grupo ARCOR es la principal empresa de alimentos de Argentina, el primer productor mundial de caramelos y el principal exportador de golosinas de Argentina, Brasil, Chile y Perú y a través de Bagley Latinoamérica S.A., la sociedad conformada con el Grupo Danone para los negocios de galletas, alfajores y cereales en Latinoamérica, es una de las empresas líderes de la región.

Asimismo, el Grupo ARCOR (www.arcor.com.ar), dentro de su Gerencia Corporativa de Innovación y Estrategia Tecnológica, creó en septiembre de 2011 un área que coordina corporativamente las actividades en materia de vigilancia e inteligencia estratégica, actividad que se suma en su estrategia de innovación abierta, a las actividades de vinculación tecnológica y análisis e incubación de nuevos negocios.

Dicha área tiene como objetivos contribuir al crecimiento y sustentabilidad del Grupo ARCOR mediante la detección, formulación y transferencia a los negocios de proyectos de innovación; garantizar la investigación de tecnologías y temáticas de interés del Grupo ARCOR y detectar oportunidades de vinculación con el fin de contribuir al desarrollo de innovaciones y nuevos negocios para el Grupo ARCOR y a la toma de decisiones estratégicas que agreguen valor y aseguren la sustentabilidad de la compañía; asegurar la difusión de información de las oportunidades detectadas a la alta dirección; asegurar los procesos de factibilidad técnica y económica de proyectos innovadores mediante información, utilizando para ella métodos y herramientas de vigilancia tecnológica así como también de sistemas de información del Grupo ARCOR; contribuir al relacionamiento de largo plazo de los negocios y países que opera el Grupo ARCOR con actores del sistema de innovación externo (proveedores, clientes, universidades, empresas de base innovadora, etc.) con el fin de la consecución de proyectos innovadores y contribuir a la imagen del Grupo ARCOR respecto a innovación.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y el Grupo ARCOR firmaron un acuerdo de colaboración para realizar en conjunto actividades en vigilancia e inteligencia, desarrollando un primer estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en tecnología de impresión 3D, que se articula con las iniciativas que tanto el Ministerio como el Grupo ARCOR, vienen desarrollando en dicho campo.

Respecto a la temática de "Impresoras 3D", es indudable y de público conocimiento el rol central que se prevé para dicha tecnología en vistas a los próximos 10 años. La tecnología de impresión 3D modificará los sistemas de diseño y producción de la actualidad, generando impactos directos e indirectos en los centros de investigaciones y las empresas de nuestro país, impactos que probablemente

alterarán el estado de situación actual en forma disruptiva, consecuencia característica de las innovaciones denominadas radicales.

Por estos motivos, el Ministerio ha comenzado a analizar con mayor grado de detalle las características intrínsecas de esta tecnología, para poder proyectar distintos impactos posibles y, de consecuencia, poder diseñar políticas de ciencia, tecnología e innovación que permitan actuar proactivamente con el objetivo de obtener los mayores beneficios tecno-productivos de la impresión 3D.

Asimismo, desde el año 2013 el Ministerio, a través de la Subsecretaría de Políticas, también perteneciente a la Secretaría de Planeamiento y Políticas, ha impulsado diversas acciones de investigación, desarrollo y adopción de la tecnología de impresión 3D en Argentina.

Es misión del Ministerio colaborar para transformar la matriz productiva del país, promoviendo la investigación, el desarrollo, la innovación y la difusión de nuevas tecnologías que contribuyan a mejorar la vida de las personas así como crear nuevas cadenas de valor y empleo de calidad⁴.

Es indudable que un esfuerzo conjunto entre el Ministerio y el Grupo ARCOR, beneficia a ambas partes, en dos campos tan incipiente todavía hoy en Argentina, la VTelC y las tecnologías de impresión 3D.

⁴ Ver www.mincyt.gob.ar

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Tecnologías de manufactura aditiva e impresión 3D

2.1.1 Introducción

La manufactura aditiva, también conocida popularmente como impresión 3D, es un grupo de tecnologías de fabricación que de manera automática permiten manipular materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un sólido físico en 3 dimensiones, en lugar de los sistemas de manufactura sustractiva (a través de mecanizado u otros tipos de procesamiento) o por conformado (a través del uso de matrices o moldes y utillajes).

Desde su aparición, las tecnologías de manufactura aditiva han evolucionado y se han desarrollado para incluir al menos 30 sub-tecnologías diferentes agrupadas en siete tipos de procesos distintos, los cuales se detallarán en este estudio a partir de la sección “Clasificación y Descripción de Técnicas y Tecnologías más Relevantes”.

Este conjunto de tecnologías representa, para las empresas y los consumidores, una gama de tecnologías con mayores beneficios técnicos, económicos y sociales. Tiene además el potencial de cambiar el paradigma de la industria manufacturera, alejándolo de la producción en masa de las grandes fábricas con herramientas específicas y acercándolo a un contexto productivo-comercial regido por las posibilidades de personalización y la producción local o regional. Otro factor clave para entender el potencial de estas tecnologías, es saber que las mismas pueden ser utilizadas en cualquier parte del ciclo de vida del producto: desde prototipos de pre-producción y diseño para la producción de bienes y/o componentes hasta el otro extremo del ciclo de vida, pensando en repuestos o en la reparación de piezas y componentes dañados para un producto/sistema.

Estas últimas características mencionadas dotan a este grupo de la capacidad de comprimir enormemente la cadena de suministro comercial además de permitir la fabricación simultánea en múltiples lugares, muchos más cercanos a los puntos de

consumo, trayendo evidentes beneficios a los consumidores, a las economías locales y al medio ambiente.

Asimismo, y gracias a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la conectividad global a través de internet, las tecnologías de impresión 3D permiten a los consumidores participar directamente en el proceso de diseño de los productos y ser generadores de la verdadera personalización según sus necesidades específicas.

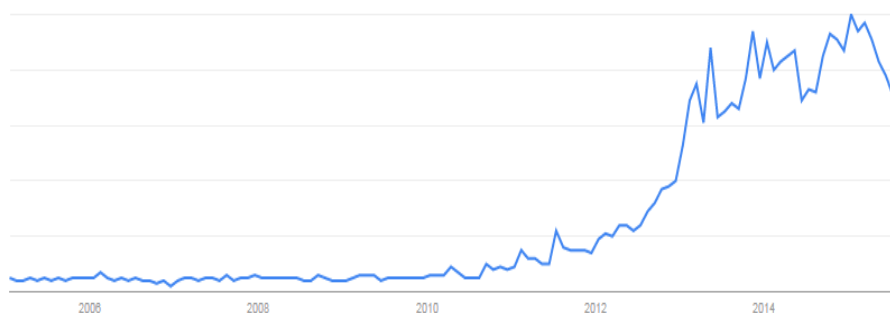
La reciente introducción de la impresión 3D en el ámbito doméstico ha permitido a los usuarios de esta tecnología fabricar sus propios productos partiendo de datos digitales comprados o compartidos en línea y evitando gran parte de la fabricación tradicional y la cadena de valor al por menor.

En resumen, la importancia de esta tecnología en el mundo crece día a día y nos prefigura un futuro prometedor. Por ello, el objetivo de este estudio es desarrollar un abordaje a las diferentes tecnologías y procesos implicados a la manufactura aditiva, como así también su importancia en el mercado mundial y sus aplicaciones actuales. Aunque no se define de forma exhaustiva (debido a que estas tecnologías están en constante evolución), ofrece una base de conceptos que permiten a empresas, organismos públicos-privados y al público en general, tomar conocimiento para incorporar y desarrollar la impresión 3D y la manufactura aditiva en Argentina.

En función a lo anteriormente comentado, y mediante el uso de buscadores especializados de información (Google Trends⁵), podemos observar en las figuras 1 y 2 lo anteriormente descripto, visualizando un aumento del interés en la temática a nivel mundial en los últimos años.

⁵ <https://www.google.com.ar/trends>

Figura 1. Interés a lo largo del tiempo sobre tecnologías de impresoras 3D



Fuente: elaboración propia en base a Googletrends.

Figura 2. Interés a nivel geográfico sobre tecnologías de impresoras 3D



Fuente: elaboración propia en base a Googletrends.

A nivel mundial, existen diferentes empresas e instituciones que se encuentran desarrollando tecnologías de impresión 3D. La figura 3 muestra los países principales que están trabajando en este tema:

Figura 3. Países con desarrollo de tecnologías 3D



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se mencionan las distintas empresas e instituciones principales en estos países:

1. **3DSystems** (EEUU)
<http://www.3dsystems.com/>
2. **Choc Edge 3D Printer** (EEUU)
<http://chocedge.com/>
3. **Imakr** (EEUU)
<http://www.imakr.com/en/>
4. **The f3D printer** (Inglaterra)
<http://www.f3dprinter.com/>
5. **ZMorph** (EEUU)
<http://zmorph3d.com/cake-and-chocolate-extruder/>

6. **Structur3D** (Canada)
www.estructur3d.io

7. **Natural Machines** (EEUU)
<https://www.naturalmachines.com/>

8. **Dovetailed** (Inglaterra)
<http://www.dovetailed.co/>

9. **Nestle** (Suiza)
<http://3dprinterplans.info/nestle-displays-3d-printed-chocolate-sculptures-for-chocnology-exhibition/>

10. **Cadbury** (Reino Unido)
<https://www.cadbury.co.uk/>

11. **TNO** (Holanda)
<https://www.tno.nl/nl/>

12. **Biozoon** (Alemania)
<http://biozoon.de/>

13. **Fab@Home** (EEUU)
<http://www.fabathome.org/>

14. **Candyfab** (EEUU)
<http://candyfab.org/>

15. **StuffHub** (EEUU)
http://www.stubhub.com/?gclid=C12289x486&keyword=23421138_c&creative=11602233791

16. **University of Exeter** (Reino Unido)
www.exeter.ac.uk/

17. Choctopus (EEUU)

<http://hackaday.com/2015/01/14/choctopus-chocolate-printer-x8/>

18. XYZprinting (EEUU)

<http://us.xyzprinting.com/>

19. 3Digital Cooks (EEUU)

<http://3digitalcooks.com/>

20. Chocotech (Alemania)

<http://www.chocotech.de/en/>

21. Sharebot (Inglaterra)

<http://www.sharebot.it/index.php/uncategorized/sharebot-snowwhite/?lang=en>

22. The NASA (EEUU)

http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food.html

23. London's Royal College of art (Inglaterra)

<http://www.rca.ac.uk/>

24. University of Wollongong (Australia)

<https://www.uow.edu.au/index.html>

2.1.2 ¿Qué es la manufactura aditiva?

El comité F42 de la *American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM International)*, un organismo mundialmente reconocido en el campo del desarrollo de normas de consenso dentro de la industria manufacturera, define a la fabricación aditiva como: "Un proceso de unión de materiales para fabricar objetos

a partir datos del modelo 3D, por lo general capa sobre capa, a diferencia de las metodologías de fabricación sustractivas, tales como el mecanizado tradicional”⁶.

Figura 4. Concepto de fabricación aditiva comparado con la fabricación sustractiva



Fuente: Fundación PRODINTEC.

En los ámbitos de aplicación de estas tecnologías se utilizan los términos de “manufactura o fabricación aditiva” e impresión 3D. Estos términos empleados alrededor de estas tecnologías han ido evolucionando de forma paralela al desarrollo de la tecnología, por lo que es bueno detallar las diferencias conceptuales:

- “*Rapid prototyping*” o “prototipos rápidos”: es el primer término que se utilizó para describir la creación mediante capas de objetos 3D. Actualmente, las tecnologías existentes, permiten conseguir algo más que un “prototipo”.
- “Impresión en 3D”: es el término más utilizado, debido a su propagación en los medios. Frecuentemente, se emplea este término cuando nos referimos a equipos y tecnologías destinadas al ámbito doméstico, *hobby* o semi-profesional.
- Fabricación aditiva: es el último término aplicado y se utiliza para describir la tecnología en general. Habitualmente, se utiliza como referencia de las aplicaciones industriales de fabricación de componentes y con equipos profesionales e industriales⁷.

⁶ Ver en ASTM International (2013).

⁷ Véase en www.interempresas.net (2013).

Asimismo, vinculados a estas definiciones y según su aplicación o la región geográfica que se trate, se pueden encontrar otros términos referidos a este mismo grupo de tecnologías, como por ejemplo:

- *Additive manufacturing*
- *3D Printing.*
- *Rapid Prototyping.*
- *E-Manufacturing.*
- *Free Form Fabrication.*
- *Generative Manufacturing.*
- *Additive Layer Manufacturing.*
- *Rapid Manufacturing.*
- *Constructive Manufacturing*
- *Direct Digital Manufacturing*
- *Material Increase Manufacturing.*

2.1.3 Clasificación y descripción de procesos y tecnologías de fabricación aditiva

2.1.3.1 Descripción básica y genérica del proceso de fabricación y sus fases

Tal como se observa hasta aquí, existe una gran variedad de sub-tecnologías diferentes dentro de los procesos aditivos, pero todas ellas se enfocan en la obtención final de objetos físicos-tangibles que requieren la presencia o creación de un archivo CAD 3D (*computer-aided design* o diseño asistido por computadora). Dicho archivo puede ser descargado de una plataforma de difusión de modelos 3D, diseñado y modelado por el usuario en cuestión o incluso, provenir de un proceso de escaneo en 3D o ingeniería inversa.

El tipo de archivo utilizado generalmente tiene que ver con el formato STL (*stereo lithography*) o el AMF (*additive manufacturing file format*), dependiendo de la tecnología. Estos tipos de formatos son una mera representación de la geometría del objeto deseado. Sortado este primer requerimiento básico, los archivos de cada una de las piezas a realizar son colocados en un *software* del tipo CAM (*computer-aided*

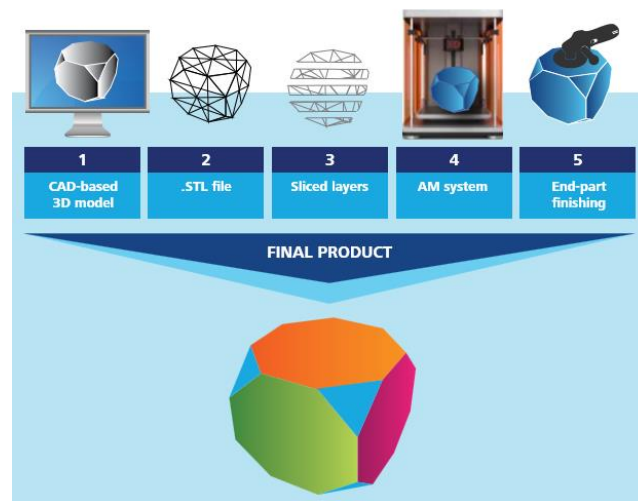
manufacturing o fabricación asistida por computadora), el cual generalmente es específico para cada tecnología y/o equipo. Allí son colocados en la orientación y ubicación dentro de las capacidades de cada tecnología y según las limitaciones propias de cada proceso. Este *software* realiza un rebanado o *slicing* horizontalmente en capas individuales del modelo 3D contenido en el archivo, generando las instrucciones necesarias para la fabricación de cada una de las capas, paso a paso, por el equipo respectivo.

De la acumulación de capas levemente diferentes entre sí, derivan dos de las principales ventajas como tecnologías:

1. No es necesaria la inversión previa en herramental de fabricación, utillajes o moldes y matrices, siendo que por su principio de capilaridad, las capas del modelo tienden a auto soportarse entre sí.
2. No existen limitaciones geométricas de fabricación derivadas de las condiciones físicas de los procesos de fabricación convencionales (ángulos de desmolde en las piezas, posibles colisiones de la herramienta de mecanizado, etc.).

Es así entonces que, conociendo básicamente el proceso de fabricación de objetos mediante la adición de capas, cabe destacar que posteriormente y según de qué tecnología se trate (tanto equipo como material), se requiere implementar una variedad de actividades de post-producción o procesamiento secundario (lavado por ultrasonido, lavado de alta presión, retirado de bandeja de moldeo o soportes de la pieza, curado UV, lijado, pintura, arenado, etc.).

Figura 5. Los fundamentos de la fabricación aditiva



Fuente: Deloitte University Press.

En la actualidad, estas tecnologías de manufactura aditiva pueden usar una gran variedad de materias primas, tanto como las existentes para procesos productivos industriales convencionales. En esta lista comúnmente se pueden incluir diferentes tipos de plásticos (termoestables y termoplásticos), metales y sus diferentes aleaciones, compuestos cerámicos, materiales compuestos específicos para aplicaciones particulares o bien hasta alimentos; todos en diferentes configuraciones físicas posibles: polvos, líquidos, semisólidos y sólidos⁸.

2.1.3.2 Clasificación y características de procesos y tecnologías

A la hora de clasificar a estas tecnologías existen varios criterios difundidos por todo el mundo. Se pueden clasificar por el tipo de material utilizado, la técnica o el proceso de agregado de capas, o por la forma en que el material se funde o se solidificó. En lo que respecta a la terminología (en inglés) asociada a cada proceso, la misma es definida generalmente por los criterios que estableció el Comité F432 de la ASTM.

⁸ Elaboración propia en base a datos de "The 3D opportunity primer: The basics of additive manufacturing" Deloitte University Press como se menciona más abajo y más arriba y datos de la Additive Manufacturing Strategic Research Agenda de 2014 > <http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>

Estos procesos se pueden clasificar en seis áreas diferentes según la siguiente tabla elaborada para este estudio en base a la Deloitte University Press:

Tabla 1. Clasificación de procesos

Tipo	Características	Tecnologías de M.A. relacionadas	Materiales Convencionales
Fotopolimerización en cuba o batea (<i>vat photopolymerization</i>)	Grupos de tecnologías que emplean una resina fotorpolimérica líquida (un plástico que se endurece al entrar en contacto con un haz de luz), contenido en una cuba. Dicho material se solidifica selectivamente capa a capa, mediante la proyección de luz sobre la superficie de la batea activando el proceso de curado y endurecido de la misma.	Estereolitografía o <i>Stereolithography (SLA)</i>	Resinas fotorpoliméricas / Composites
		Procesamiento de Luz Digital o <i>Digital Light Processing (DLP)</i>	Resinas fotorpoliméricas
		CeraFab	Fotopolímeros cerámicos
		CeraPilot	Fotopolímeros cerámicos
Inyección de material (<i>material jetting</i>)	El material utilizado es un fotorpolímero líquido y en algunos casos otros materiales, como ceras o el mismo fotorpolímero ligeramente	Modelado Multi-Jet o <i>Multi Jet Modeling (MJM)</i>	Fotopolímeros / Ceras
		PolyJet y Matrix	Fotopolímeros
		T-benchttop	Ceras

	<p>modificado, los cuales funcionan de materia prima y de soporte de la pieza a construir. Estos son inyectados por un cabezal de impresión sobre una bandeja, de forma selectiva y precisa, mientras una luz ultra violeta va fotopolimerizando cada capa para solidificar el material. Una vez terminado, se retira el material de apoyo o soporte usado durante el proceso de construcción.</p>	<p><i>ThermoJet / Projet</i></p>	<p>Ceras</p>
		<p><i>Inkjet Jetting</i></p>	<p>Fotopolímeros / Ceras</p>
<p>Extrusión de materiales (<i>material extrusion</i>)</p>	<p>En los procesos de extrusión de material, la materia prima empleada generalmente es un plástico termoplástico o algún tipo de material que pueda ser bombeado o suministrado para alimentar una boquilla que lo va depositando de manera muy</p>	<p>Modelado por deposición fundida o <i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i> / Fabricación con filamento fundido o <i>Fused Filament Fabrication (FFF)</i></p>	<p>Termoplásticos</p>
		<p><i>Robocasting / Direct Ink Writing (DIW)</i></p>	<p>Cerámicos / Termoplásticos / Alimentos / Otros</p>

	precisa en forma de hilo o cordón para formar cada capa sobre una plataforma de construcción.		
Fusión en lecho de polvos (<i>powder bed fusion</i>)	En este grupo de tecnologías el material está compuesto por partículas de polvo (por ejemplo, plástico, metal, cerámicos, composites, etc.), las cuales se van fusionando selectivamente usando una fuente de energía térmica tal como un láser. Una vez que el polvo de una capa se fusiona, una nueva capa se crea mediante la difusión de polvo sobre la parte superior de la parcialidad del objeto. El material no fusionado se utiliza para ir apoyando y soportando la geometría ya materializada,	Fusión con haz de electrones o <i>Electron beam melting (EBM)</i>	Polvos metálicos
		Sinterización selectiva por láser o <i>Selective laser sintering (SLS)</i>	Polímeros / Metales / Vidrio y cerámicos / Composites
		Sinterización selectiva de calor o <i>Selective heat sintering (SHS)</i>	Polvos de polímeros termoplásticos
		<i>Direct Metal laser Sintering</i>	Polvos Metálicos
		<i>Selective Mask Sintering</i>	Polvos de polímeros termoplásticos
		<i>Selective Laser Printing</i>	Polvos de polímeros termoplásticos
		<i>High Speed Sintering</i>	Polvos de polímeros termoplásticos
	<i>Selective Laser Melting</i>	Polvos metálicos	

	reduciendo así la necesidad de sistemas de apoyo.		
Deposición por energía dirigida (<i>directed energy deposition</i>)	En los procesos de deposición por energía dirigida la energía térmica focalizada (puede ser un láser) se utiliza para fusionar un material (normalmente metal) a medida que es proyectado o depositado el material construyendo cada capa. Los sistemas de deposición por energía dirigida pueden emplear materiales basados en partículas de polvo o a base de un alambre o filamento.	Sintonización láser directa de metales o <i>Direct Metal Laser Sintering (LMD)</i>	Polvos metálicos
		Fabricación libre por proyección de haz de electrones o <i>Electron Beam Free Form Fabrication (EBF)</i>	Polvos metálicos
		<i>Laser Engineered Net Shaping (LENS)</i>	Polvos metálicos
		Consolidación láser o <i>Consolidation Laser (LC)</i>	Polvos metálicos
		<i>Ion Fusion Formation</i>	Polvos metálicos
		<i>Shape Metal Deposition (SMD)</i>	Alambre metálico
		<i>Electron Beam Direct Melting</i>	Alambre metálico
		<i>Wire & Arc Deposition (WAAW)</i>	Alambre metálico
Chorro aglutinante de polvos (<i>binder jetting</i>)	En estos procesos, un chorro de líquido aglutinante (por ejemplo, pegamento a base de almidón),	<i>Powder bed and inkjet head (PBIH)</i>	Polvos cerámicos / Polímeros / Metálicos / Composites

<p>se vierte sobre una cama de partículas de polvo para unir las selectivamente entre sí. Diferentes tipos de tintas también pueden ser depositados con el fin de impartir color en el mismo proceso. Una vez que se forma una capa, una nueva se crea mediante la difusión de polvo sobre la parte superior del objeto y así, en ciclos de este proceso hasta lograr el volumen final. El material no fusionado se utiliza para ir apoyando y soportando la geometría ya materializada, reduciendo así la necesidad de sistemas de apoyo.</p>	M-Print / M-Lab	Polvos metálicos
	S-Print	Polvos cerámicos / Polímeros
	Impresión 3D en cama de yeso o 3DP (<i>Plaster-Based 3D Printing</i>)	Polvos cerámicos

Laminación (<i>sheet lamination</i>)	En los proceso de laminación, hojas delgadas del material (por ejemplo, plástico, papel o metal) se unen entre sí utilizando una variedad de métodos (por ejemplo, pegamento, soldadura por ultrasonidos) con el fin de formar un objeto. Cada nueva hoja de material se coloca sobre las capas anteriores. Un láser, un cúter o una herramienta de arranque de viruta corta el borde excedente al alrededor de la parte deseada de la capa retirando el material innecesario. Este proceso se repite hasta que se completa la pieza.	Manufactura de objetos laminados o <i>Laminated object manufacturing (LOM)</i>	Laminados de papel / Polímeros
		Consolidación ultrasónica o <i>Ultrasonic consolidation (UC)</i>	Laminados de papel / Polímeros / Metálicos / Cerámicos / Composites

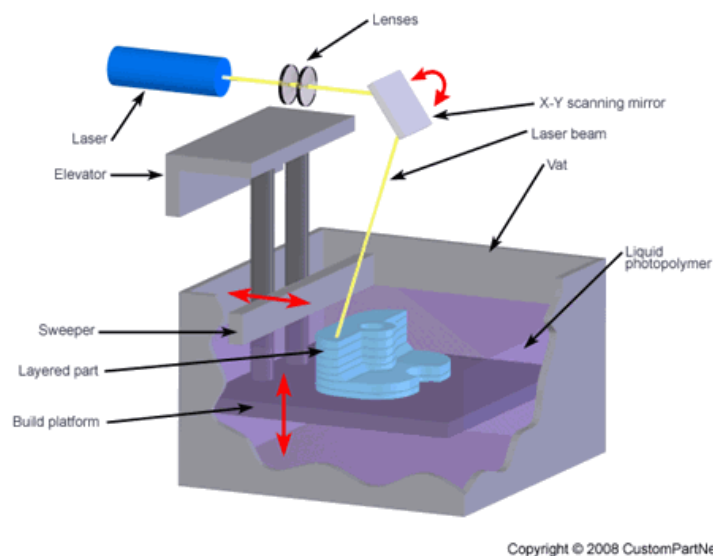
Fuente: elaboración propia en base a datos de "The 3D opportunity primer: The basics of additive manufacturing" Deloitte University Press.

2.1.3.3 Procesos de la industria de fabricación aditiva

A continuación, se detallan los procesos más importantes dentro de la industria de fabricación aditiva, por sus aplicaciones, por su historia o por el tipo y forma de funcionamiento que ha dado lugar a otros procesos posteriormente. Asimismo, cabe destacar que todas las especificaciones de los procesos que a continuación se describen, se plantean de una manera aproximada y genérica en función de las capacidades generales del proceso y según la multiplicidad de equipos y marcas que lo emplean. Los mismos deben ser vistos sólo como una guía general. Las capacidades reales en cada caso dependen de los requerimientos del fabricante, de los equipos en cuestión, de los materiales utilizados y de las piezas esperadas.

Estereolitografía o SLA: se trata de una de las tecnologías de fabricación aditiva más conocida debido a su historia y el tiempo en el que se encuentra vigente. Mediante este proceso se pueden producir piezas de plástico, altamente precisas y muy detalladas.

Figura 6. Descripción del proceso de estereolitografía o SLA



Fuentes: Deloitte University y CustomPartNet.

Un proceso del tipo "Foto-Polimerización en cuba o batea" (*Vat photopolymerization*), que utiliza un láser UV proyectado sobre la superficie de una cuba llena con un

polímero fotosensible líquido, para trazar las sucesivas secciones transversales de un objeto tridimensional y sus soportes.

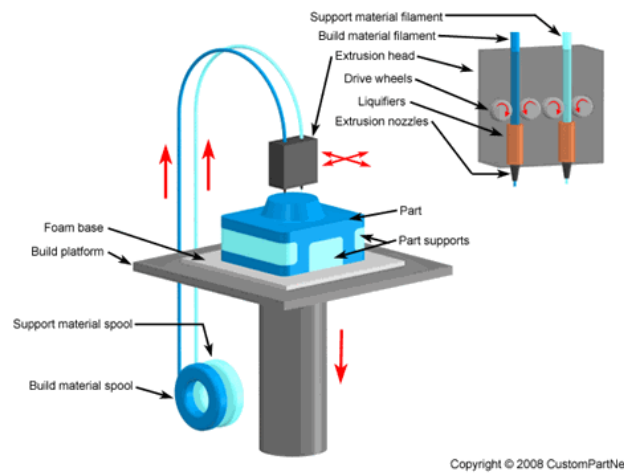
Por ello, es que el haz de luz del láser traza y rellena la capa de polímero el cual se solidifica y deja el exceso con las áreas no alcanzadas por el láser como líquido. Cuando se completa una capa, una cuchilla de nivelación se mueve a través de la superficie de la batea para alisarla antes de depositar la siguiente capa. La cuba de material desciende por una distancia igual al espesor de la capa requerida (típicamente 0.076 a 0.050 mm), y una capa posterior se forma en la parte superior de las capas previamente foto-polimerizadas.

Este proceso de trazado y de alisado, se repite hasta que la construcción de la geometría en 3D es completada. Una vez completo este proceso, la pieza con sus columnas de soporte se eleva por encima de la cuba y se procede al drenado del líquido sobrante. Las piezas luego deben ser limpiadas o enjuagadas fuera del equipo. En muchos casos, se debe realizar un curado final (posterior a la fabricación) mediante la colocación de la pieza en un horno UV. Posterior a esto, se deben quitar los soportes y las superficies pueden ser pulidas o lijadas entre otros post-procesos posibles.

Modelado por Deposición Fundida (FDM) / Fabricación con Filamento Fundido (FFF): estos dos procesos de fabricación aditiva son más difundidos y usados a nivel mundial, no solo por el tiempo que se conocen, sino también por la cantidad de empresas que utilizan este proceso en sus equipos. En nuestro país esta tecnología también es la más difundida y usada, no solo a través de equipos de altas prestaciones sino también a través de equipos del tipo Hobby o Personales, que incluso además son fabricados localmente. La diferencia entre ellas radica solamente en una cuestión de nomenclatura debido a cuestiones legales y de registro (*FDM* son marcas registradas de Stratasys Inc⁹).

⁹ <http://www.stratasys.com/>

Figura 7. Descripción del proceso Modelado por Deposición Fundida o *FDM* y de la Fabricación con Filamento Fundido o *FFF*



Fuente: CustomPartNet.

En este tipo de proceso, un material plástico es extruido a través de una boquilla o un grupo de ellas para realizar un trazado transversal en cada capa/sección. Generalmente el material se suministra en forma de filamento, pero algunas configuraciones pueden utilizar pellets de plástico procedentes de una tolva contenedora. La boquilla contiene los calentadores resistivos que mantienen el plástico a una temperatura justa, por encima de su punto de fusión para que fluya fácilmente a través de la boquilla y poder formar cada una de las capas del modelo 3D. El plástico se endurece inmediatamente, después de que fluye desde la boquilla, a la bandeja del modelo o la capa anterior.

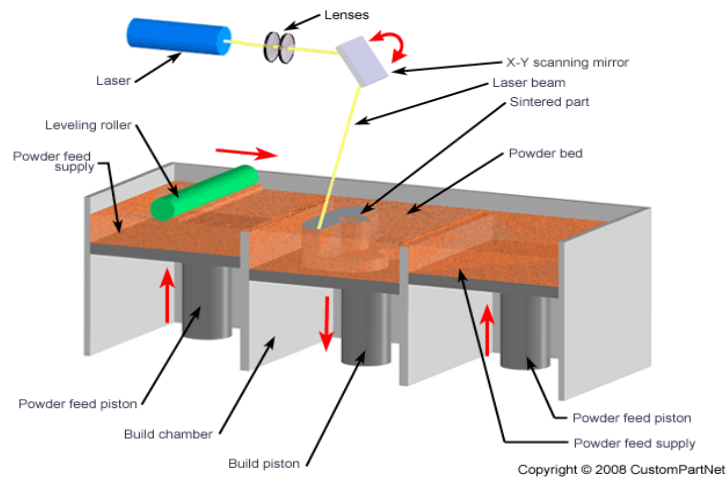
Una vez que una capa del modelo se construye, la plataforma que aloja una bandeja desciende, y las boquillas de extrusión pueden depositar otra capa. El espesor de la capa y la precisión dimensional vertical (eje Z) se determina por el diámetro de la boquilla del extrusor, que oscila generalmente entre 0.3 a 0.1 milímetros. En el plano XY, es posible alcanzar una resolución de 0,02 milímetros.

Existe una gama muy amplia de materiales disponibles para este tipo de procesos, incluyendo ABS, PLA, Poliamida, Policarbonato, Polietileno, Polipropileno, entre otros. Al igual que en muchos procesos de fabricación aditiva, se pueden generar estructuras de soporte que, si la máquina lo permite, se imprimirán en otro material que tras

finalizar la creación de la pieza, podrá ser retirado de varias formas (arrancándolos, cortándolos, solubilizándolos, etc.)

Sinterización Selectiva por Láser o SLS: el proceso “Sinterización Selectiva por Láser” o SLS fue desarrollado en la Universidad de Texas en Austin, a fines de la década del ochenta y fue vendida originalmente por DTM Corporation y luego por 3D Systems entre otros. Junto a los otros dos procesos descritos anteriormente, han conformado las bases de todos los procesos de manufactura aditiva que se desarrollaron posteriormente y hasta nuestros días.

Figura 8. Descripción del proceso de Sinterización Selectiva por Láser o SLS



Fuente: CustomPartNet.

El concepto básico de “Sinterización Selectiva por Láser” es similar al de la Estereolitografía, aunque pertenezca al grupo de tecnologías de “Fusión en Lecho de Polvos” (*Powder Bed Fusion*). Para realizar este proceso, se utiliza el haz de un láser de alta potencia que con su movimiento permite trazar, y selectivamente, sinterizar diferentes tipos de materiales en polvos poliméricos, compuestos metálicos y Cerámicos; en sucesivas capas transversales para formar un objeto tridimensionalmente.

Al igual que en todos los procesos de fabricación aditiva, las partes a construir se fabrican sobre una plataforma que se ajusta en altura según el espesor de la capa que se está construyendo o permite el equipo. No obstante, para poder construir el

paso siguiente a la capa anterior sinterizada, se deposita una película de polvo adicional en la parte superior del lecho de polvo mediante un rodillo nivelador que recorre transversalmente la cama del equipo.

El polvo para poder ser sinterizado se mantiene a elevada temperatura, de manera de poder fundirlo entre si fácilmente con la exposición al láser (unos grados por debajo de su punto de fusión). A diferencia de la estereolitografía, no se necesitan estructuras especiales de apoyo o soporte, debido a que el exceso de polvo en cada capa actúa como un asiento a la pieza que se está construyendo.

En el caso de tratarse de materiales de compuesto metálicos, el proceso “Sinterización Selectiva por Láser” trabaja solidificando un material aglutinante del tipo polimérico alrededor de polvo de acero (alrededor de 100 micras de diámetro). Una vez terminado, la pieza se debe colocar entonces en un horno, a temperaturas superiores a 900°C, en donde el aglutinante polimérico se quema y la pieza se puede infiltrar con bronce o algún otro material metálico similar para mejorar su densidad.

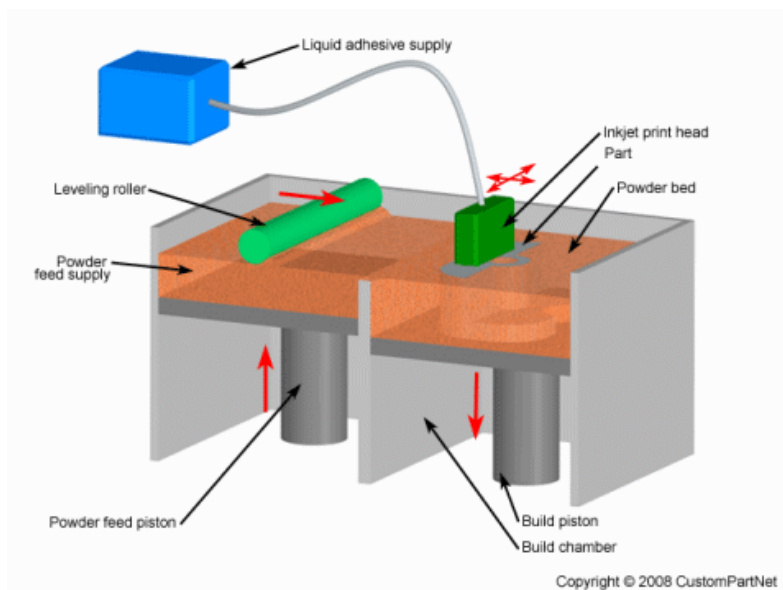
Este proceso de *burn-off* y los procedimientos de infiltración suelen tardar alrededor de un día, después de lo cual se lleva a cabo el mecanizado secundario (en el caso que lo requiera) y acabado final. Este tipo de tecnología, es probablemente el que más fielmente representa y refleja todas las virtudes y ventajas de las tecnologías de fabricación aditiva.

Impresión 3D en cama de yeso o 3DP (Plaster-based 3D printing) / Powder Bed Inkjet Head o PBIH: existe cierta ambigüedad en el uso del término impresión 3D, ya que han sido varios los fabricantes que han posicionado sus máquinas en este sector y por tanto son distintas las tecnologías involucradas. La mención a Impresoras 3D pretende hacer llegar al mercado general la imagen de que se trata de algo tan sencillo, limpio, económico y fácil como una impresora de papel, pero en tres dimensiones¹⁰. Esto sin dudas se ha visto fomentado aún más con la popularización y la mediatización que han sufrido desde hace un tiempo estas tecnologías y sus aplicaciones, por el periodismo.

¹⁰ Ver Fundación COTEC (2011).

En este sentido, lo correcto sería utilizar el término impresión 3D para el proceso impresión 3D en cama de yeso o 3DP (*Plaster-based 3D printing*), proceso desarrollado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts y luego licenciado para su comercialización a varias corporaciones (Z Corporation por ejemplo y luego 3D Systems). Este ha sido el proceso madre de los demás similares como por ejemplo el *Powder Bed Inkjet Head (PBIH)*.

Figura 9. Descripción del proceso de impresión 3D en cama de yeso o 3DP, *PBIH*



Fuente: CustomPartNet.

Este proceso en cuestión, es similar al proceso de “Sinterización Selectiva por Láser” (*SLS*), pero en lugar de utilizar un láser para unir las partículas del material entre sí, usa chorros de tinta y/o aglutinante que unen el material. Este hecho ubica a estos procesos en la categoría de procesos por Chorro Aglutinante de Polvos o “*Binder jetting*”.

Para la construcción de una pieza mediante este proceso, el suministro de polvo es realizado por un pistón que sube la recámara de suministro del equipo y un rodillo de nivelación distribuye una fina capa de polvo, desde esta recámara a la parte superior del área de construcción del equipo. Posteriormente, un cabezal de impresión de chorro de tinta con varios canales deposita en la superficie del lecho de polvo gotas un adhesivo líquido en las regiones específicas correspondientes a la sección de la

pieza requerida. Estas gotas junto al material en polvo se unen entre sí y forman cada una de las capas de la pieza. El polvo que no es aglutinado ni alcanzado por el chorro de aglutinante permite apoyar la pieza durante la construcción por lo que no es necesario contar con sistemas de soporte o columnas de apoyo. Después que se construye una capa, la plataforma de construcción se baja y una nueva capa de polvo se añade mediante el rodillo nivelador para que la impresión se repita.

Una vez completa la pieza, el polvo suelto de soporte puede ser cepillado o quitado por aire comprimido. Asimismo, las partes impresas en 3D (dependiendo el material) pueden ser infiltradas con un sellador para mejorar la resistencia de la pieza, el acabado superficial y su durabilidad en el tiempo.

En lo que se refiere a las opciones de materiales disponibles para estas tecnologías se incluyen, entre otros, algunos tipos de polvos metálicos, cerámicos y poliméricos, aunque todos estos son un poco limitados. Su ventaja radica en que son de bajo costo en relación a los materiales usados en otros procesos aditivos.

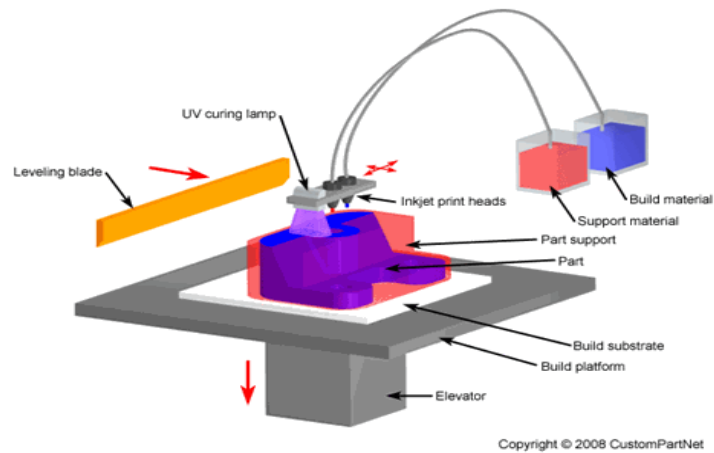
Este tipo de tecnología ofrece la ventaja de rápidas velocidades de construcción (pudiendo llegar a intervalos de 2-4 capas por minuto). Sin embargo, la precisión y el acabado de la superficie final de la pieza, como así también la aglutinación del material en la pieza no son tan buenos como algunos otros procesos aditivos.

Modelado Multi-Jet o Multi Jet Modeling (MJM) / PolyJet y Multi-PolyJet: este tipo de procesos pertenecen a la categoría de tecnologías aditivas de “Inyección de material” (*material jetting*). El concepto de funcionamiento de las mismas, nace de combinar los procesos de la inyección de tinta de impresión 2D convencional y la Estereolitografía. Es decir, el método de construcción de cada capa es similar a la impresión *inkjet*, ya que utiliza una serie de cabezales de impresión de inyección de tinta para depositar pequeñas gotas de material de construcción y material de soporte para formar cada capa de una parte, sobre una bandeja que se desplaza desde arriba hacia abajo sobre el eje “Z”.

De la Estereolitografía toma el tipo de material de construcción el cual también es un fotopolímero que se cura por una lámpara de UV una vez depositado en la respectiva

capa. Dentro de las ventajas de este tipo de procesos se encuentran una muy buena precisión y detalle, además de muy buenos acabados superficiales.

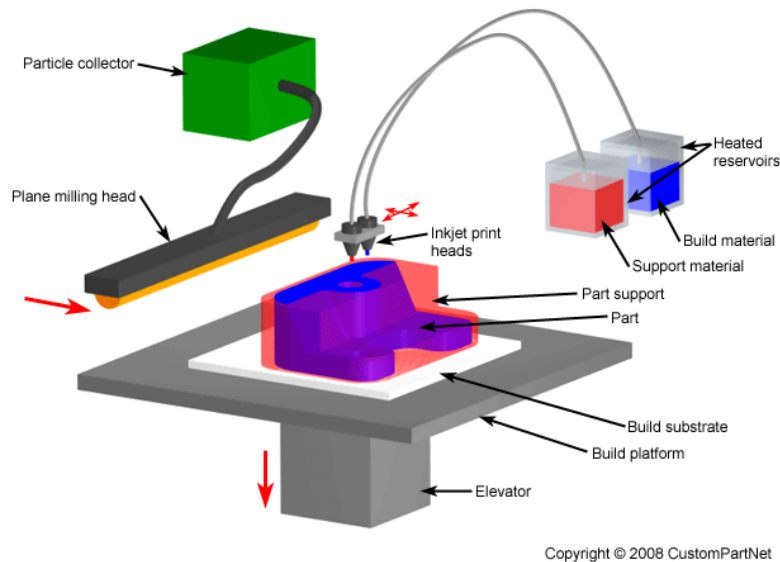
Figura 10. Descripción del proceso Modelado Multi-Jet o *MJM*, PolyJet y Multi-PolyJet



Fuente: CustomPartNet.

Existen algunas tecnologías y procesos muy similares a lo descrito hasta aquí, sólo que además de contar con toda esta complejidad, agregan otro proceso interno, es decir, después de que una capa se ha completado, un cabezal de fresado (un rodillo que empareja y aplanará la superficie superior de la última capa) se mueve mecanizando una porción de la última capa. Las partículas resultantes de esta operación de corte se aspiran por un colector de partículas.

Figura 11. Descripción del proceso Modelado Multi-Jet o *MJM* con variación y proceso *ModelMaker*



Copyright © 2008 CustomPartNet

Fuente: CustomPartNet.

La aplicación más común de todo este tipo de tecnologías es la fabricación de prototipos rápidos (incluyendo la posibilidad de hacerlos bi-material simultáneamente), fabricación rápida de herramental para otros procesos productivos, joyas, productos y herramental medico entre otros.

Las dos empresas con mayor relevancia en el mercado de impresión 3D han desarrollado equipos para estas tecnologías: Stratasys con su línea de equipos "Objet" y 3D Systems inicialmente con su línea "InVision".

En los equipos "Objet" (Tecnología PolyJet), el material de soporte es también un fotopolímero que se deposita a partir de un segundo cabezal de impresión y también es curado por la lámpara UV aunque no de la misma manera que el material de construcción, lo que permite que más tarde se pueda lavar con agua a presión. En los equipos de 3D Systems, se utiliza un cabezal de impresión por separado para depositar una cera que cumple el rol de material de soporte. Después de que el modelo se completó, esta cera puede ser fundida para limpiar el modelo final.

2.1.4 Visión histórica de la tecnología

Si bien desde el inicio de las impresoras 3D, el mercado mundial se ha caracterizado por la adopción y el desarrollo en paralelo de diferentes aplicaciones, equipos, materiales y soluciones tecnológicas, es misión de este estudio detallar los hechos relevantes en el camino evolutivo de dicha tecnología.

La misma surge con el nombre de “prototipado rápido” (*Rapid Prototyping, RP*) ya que en un primer momento se concibió con el fin de realizar prototipos físicos partiendo de archivos informáticos de modelos en 3D. A partir de estos conceptos, desde mediados de la década del '80 y hasta la fecha, esta tecnología se ha desarrollado de forma continua mutando constantemente los términos, las complejidades, los principios de funcionamiento, como así también sus campos de aplicación.

2.1.4.1 *Time line de la tecnología 3D*¹¹

1983-1986 - Charles Hull desarrolla una tecnología capaz de imprimir objetos en 3D a partir de datos digitales. Se utiliza la tecnología para crear modelos físicos (prototipos rápidos) a partir de una imagen virtual en 3D, permitiendo que los usuarios puedan realizar pruebas de diseño antes de invertir en la fabricación del modelo definitivo. Este proceso fue llamado *SLA* y obtiene una patente. Más tarde, crea la empresa 3D Systems y desarrolla la primera máquina de fabricación aditiva comercial bajo esta tecnología (*SLA-1*).

1987- Carl Deckard, quien trabajaba en la Universidad de Texas, presentó una patente en los EE.UU. para el proceso de *SLS*. Esta patente fue concedida en 1989 y la

¹¹ <http://www.additive3d.com/glos.htm>
<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>
<http://www.3ders.org/3d-printing/3d-printing-history.html>
<http://www.3ders.org/articles/20131231-3d-printing-in-2013-year-in-review.html>
<http://www.3ders.org/articles/20121220-3d-printing-in-2012-year-in-review.html>
<http://3dprint.com/30482/3d-printing-2014/>
<http://www.zdnet.com/article/the-history-of-3d-printing-a-timeline/>

tecnología de *SLS* fue posteriormente licencia para DTM Inc., que luego fue adquirida por 3D Systems.

1988- Scott Crump desarrolla el sistema de *FDM*. Al año siguiente, Crump funda la empresa “Stratasys” para comercializar su nuevo sistema.

1989- Nace la empresa EOS GmbH en Alemania, fundada por Hans Langer; enfocada principalmente en procesos de *SLS* y *SLA*.

1990- Otras tecnologías de fabricación aditiva también surgieron durante estos años. Por ejemplo, el sistema llamado *Ballistic Particle Manufacturing (BPM)* originalmente patentado por William Masters; el sistema de fabricación *Laminated Object Manufacturing (LOM)*, patentado originalmente por Michael Feygin de la empresa Cubic Technology; el sistema *Solid Ground Curing (SGC)* originalmente patentado por Itzhak Pomerantz; y el sistema *3-Dimensional Printing (3DP)* originalmente patentado por Emanuel Sachs en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), similar a la tecnología de inyección de tinta utilizada en las impresoras 2D.

Los principios de los '90 fueron testigos de la creación de múltiples empresas competidoras dentro del mercado de las tecnologías de prototipado rápido pero sólo pocas de ellas siguen siendo hoy en día empresas líderes dentro del sector: 3D Systems, EOS y Stratasys.

1992- Stratasys logra patentar su tecnología permitiéndole vender su primera máquina basada en *FDM*: la 3D Modeler.

1993- La empresa Solidscape fue fundada para comercializar una máquina basada en el sistema *Inkjet Printing*, capaz de construir piezas pequeñas con excelente acabado superficial a un ritmo relativamente lento.

1995- La empresa Z Corporation obtiene una licencia exclusiva de MIT para utilizar la tecnología *3DP* y comenzar el desarrollo de impresoras 3D.

1996- 3D Systems introdujo "Actua 2100". El término "Impresora 3D" fue utilizado por primera vez para referirse a máquinas de prototipado rápido.

1998- La empresa israelí Object Geometries sale al mercado enfocada al diseño, desarrollo y fabricación de sistemas de impresión de fotopolímero en 3D; siendo la responsable de los desarrollos posteriores en las tecnologías Polyjet y MatrixPolyjet.

La empresa EOS vende sus negocios de *SLA* a 3-D Systems, pero actualmente sigue siendo el mayor productor europeo. Al mismo tiempo, se establece la empresa Sueca ARCAM enfocada principalmente en el desarrollo de la tecnología *EBM*.

2000- La terminología con la cual se nombran a todas estas tecnologías comienza a evolucionar con la proliferación de sus diversas aplicaciones de fabricación aceptándose por todos como procesos de fabricación aditiva (*AM*). En particular, durante esta época hubo muchos desarrollos tecnológicos paralelos que tienen lugar en el hemisferio oriental. Sin embargo, estas tecnologías, aunque si bien son significativas en sí mismas y gozaron de éxito local, no impactaron realmente el mercado mundial hasta ese momento.

2002- Se funda la empresa alemana EnvisionTec, fabricante de equipos similares a los *SLA* utilizando sistemas *DLP*.

Ese mismo año, el Instituto de Medicina Regenerativa de Wake Forest University School inició un programa de investigación para diseñar una impresora capaz de imprimir células renales (y biomateriales de apoyo) en un prototipo de riñón 3D. El dispositivo experimental también se estudió para el tejido estructurado como el oído. Los datos del paciente, a partir de una tomografía computarizada por ejemplo, se pueden utilizar para crear primero un modelo informático del órgano que se desea imprimir 3D. Se introduce al campo de estas tecnologías el término *bioprinting*.

2005- Z Corp lanzó Spectrum Z510. Fue el primer equipo de impresión 3D en salir al mercado capaz de trabajar en color a alta definición.

Ese mismo año, se lanza la empresa americana Exone la cual nace como un *spin-off* de la cooperación entre Extrude Hone Corporation y Sciaky, siendo pioneros en el proceso aditivo basado en tecnología de *Electron beam welding (EBW)*.

También se lanza el proyecto RepRap. El mismo es un proyecto de código abierto fundada por el Dr. Adrian Bowyer, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad británica de Bath. El objetivo es crear con un sistema de *FDM*, una impresora 3D que pueda imprimir la mayoría de sus propios componentes, y por lo tanto (en gran parte) replicarse a sí misma. Por razones legales, surge el término *Fused Filament Fabrication (FFF)* como nombre alternativo para el proceso de Stratasys de *FDM*.

Stratasys lanza el servicio de Rapid Prototyping & 3D Printing Service Bureau, RedEye. Este, es un servicio de impresión de Stratasys ya existent, "BuildFDM 3D", al cual se le añadió la automatización en la cotización y el pedido instantáneo, 24 horas por día, los 7 días de la semana. Con este sistema los usuarios inician sesión en el sitio web, cargan el archivo de CAD que desean imprimir y eligen el material de construcción, recibiendo en su domicilio su objeto/s impresos en 3D de 3 a 5 días después.

2006- El proyecto Fab@Home de la Universidad Cornell ofrece la primera impresora 3D de código y arquitectura abierta (más tarde conocido como *Open Source Hardware*) basado en algunos principios de la tecnología *FDM*. Todos los modelos 3D de sus componentes, piezas y programas están disponibles gratuitamente en la web para su libre circulación y uso. Se considera este proyecto, junto al de RepRap, como el punta pie inicial que recibió la impresión 3D para masificarse y popularizarse a lo largo y ancho del mundo.

2007- Sale a la luz la empresa Shapeways la cual nace como un *spin-off* de Phillips Research Lab, bajo la dirección de Peter Weijmarshausen. Como negocio, Shapeways innova al ofrecer el servicio de impresión 3D a la carta, permitiendo a cualquier persona que lo requiera, fabricar, comprar y vender sus propios objetos/productos inaugurando un nuevo modelo económico descentralizado donde el consumidor tiene otro rol.

2008- Object Geometries Ltd. anuncia su revolucionario sistema de fabricación aditiva Connex500. El mismo es el primer sistema que permite la fabricación de piezas en 3D utilizando varios materiales diferentes al mismo tiempo.

El proyecto RepRap presenta el modelo RepRap 0.1 (llamada Darwin) como una impresora 3D de código abierto capaz de auto fabricar aproximadamente el 50% de sus partes bajo la tecnología *FFF*. Los componentes de este proyecto pueden ser redistribuidos y/o modificados por los usuarios bajo los términos de la Licencia Pública General GNU.

Inspirado en el proyecto RepRap, Makerbot Industries comenzó a realizar equipos de impresoras 3D de escritorio en abril de 2009. Su primer producto tuvo disponibles todos los archivos necesarios para la construcción del dispositivo en el sitio web Thingiverse, el cual es un repositorio de, principalmente, diseños de piezas y dispositivos de código abierto para la comunidad del diseño 3D, creada por la propia Makerbot Industries. Cabe señalar que MakerBot y Thingiverse fueron adquiridos por Stratasys en junio de 2013 con el objetivo de tener presencia comercial en ambos segmentos de mercado: usuarios industriales y usuarios del tipo *hobby* o personales.

2009- A partir de esta masificación iniciada a mediados de la década del 2000, muchos proyectos salen a la luz. Es así que en este año sale al mercado la BfB Rapman 3D, que es la primera impresora 3D comercializada en forma de *kit* la cual, al igual que todas las de su clase, se basan en el concepto de RepRap.

2010- Se presenta Urbee, el primer automóvil capaz de contar con la totalidad de su cuerpo impreso en una impresora 3D gigante. Todos los componentes exteriores - incluyendo los prototipos de paneles de vidrio- fueron creados usando impresoras 3D Dimension y Fortus sistemas de producción en 3D al servicio de la fabricación digital de Stratasys – RedEye.

La empresa Organovo Inc. (compañía de medicina regenerativa) se centra y pone atención en la tecnología de *bioprinting*, anunciando la publicación de datos sobre los primeros vasos sanguíneos completamente bioimpresos.

2011- En junio de este año, un equipo de investigadores de la Universidad de Exeter, junto con la Universidad de Brunel y el desarrollador del *software* Delcam, son los primeros en adaptar el sistema de impresión 3D Inkjet para la creación de objetos en chocolate.

Investigadores de la Universidad de Cornell comienzan a construir una impresora 3D enfocada en alimentos presentándola en varias conferencias. Estos dos hitos se conocen popularmente como los primeros antecedentes vinculados a la impresión 3D y los alimentos.

En junio de 2011, Shapeways y Continuum Fashion anunciaron el primer bikini impreso en 3D vinculando a estas tecnologías con la moda y la indumentaria.

En agosto, ingenieros de la Universidad de Southampton fabrican por medio de fabricación aditiva el primer avión del tipo VANT (vehículo aéreo no tripulado) del mundo. La tecnología usada es Sintonización Selectiva Laser (*SL*) de poliamida (nylon P730).

En la conferencia de TEDMED 2011, el Dr. Gabor Forgacs (Organovo, Inc.), cocinó y comió carne producida mediante un proceso *bioprinting* 3D en su laboratorio. Forgacs argumentó que la carne cultivada en el laboratorio de producción masiva podría ayudar a resolver problemas como el hambre global, la contaminación, el uso de energía, derechos de los animales.

2012- En enero de 2012, el fabricante Z Corporation y los especialistas en imagen médica/dental Vidar Systems fueron adquiridas por 3D Systems por US\$ 135.500.000.

En lo que respecta al otro grande de la impresión 3D, Stratasys, el inventor de la tecnología *FDM* se fusiona mediante un acuerdo con la israelí Object Geometries, inventores de la tecnología Polyjet. Así crean una empresa con un valor de US\$ 1,4 mil millones.

También en el año 2012, se realiza el primer implante de mandíbula inferior del mundo mediante tecnología de fabricación aditiva. Fue creado por la firma belga LayerWise y se utilizó para sustituir la mandíbula de un paciente mayor afectada por osteomielitis. LayerWise, desde el año 2014 pasó a ser parte de la gran 3D Systems que la adquiere por su alta experiencia en procesos de *Direct metal laser sintering* (DMLS) vinculados al sector Salud, ampliando su red de servicios y mercados.

La Universidad Tecnológica de Viena, anuncia un gran avance en la tecnología de impresión 3D: ahora es posible imprimir objetos tridimensionales con detalles muy finos utilizando "litografía de dos fotones" a escala nanométrica.

El gobierno de EE.UU. lanza fondos de apoyo para la investigación de estas tecnologías por US\$ 60.000.000, además de un nuevo programa educativo y la creación del primero de 15 institutos de investigación e innovación manufacturera ligada a tecnologías de impresión 3D, el "*National Additive Manufacturing Innovation Institute*" (NAMII).

Por su parte, el gobierno del Reino Unido, a través de su Consejo de Estrategia Tecnológica (TSB), anuncia su intención de invertir 7 millones de libras en la investigación y desarrollo de tecnologías de fabricación aditiva ayudando a las empresas británicas a hacer el cambio necesario para llegar a nuevos mercados y obtener una ventaja competitiva.

La empresa Essential Dynamics muestra su impresora 3D de chocolate, Imagine, en la *International Consumer Electronics Show*, anunciando que estaba aceptando órdenes de compra para su equipo. Dicho equipo utiliza un diseño basado en la deposición de material por medio de jeringas que no sólo pueden ser llenadas con chocolate, sino también por diferentes tipos de alimentos, siliconas, quesos, productos orgánicos, etc.

La Thiel Foundation anunció la subvención de investigaciones a través de su programa *Breakout Labs* a *Modern Meadow* para aplicar los últimos avances en la ingeniería de tejidos a través de *bioprinting* 3D para desarrollar carne comestible

cultivada *in-vitro* y proporcionar una nueva fuente sostenible de proteína animal a los consumidores de todo el mundo.

Este año, se difunde por el sitio de financiación colectiva el modelo "Form1", equipo de *SLA* de alta precisión y bajo costo de la *start-up* creada por estudiantes del MIT, Formlabs Inc.

Ese mismo año, Formlabs Inc. es demandada por 3D Systems, acusada de violar al menos una de sus patentes vinculadas al proceso de *SLA* en la década del 80, impidiendo a la *start-up* comercializar libremente los equipos vendidos. Finalmente, en 2014 mediante un acuerdo entre las empresas la demanda quedó desestimada permitiéndole a Formlabs entregar los equipos que ya tenía vendidos y comercializar el modelo "Form1".

2013- Este año fue testigo de grandes controversias. Tal es el caso de "The Liberator", la primer arma de fuego impresa en 3D con materiales plásticos, producida y probada por el estudiante de abogacía de la Universidad de Texas e integrante de Dense Distributed, Cody Wilson. Este proyecto generó gran controversia ya que desde un comienzo se han subido a internet los documentos CAD de las partes del arma para que todo el mundo pueda imprimir una con estas tecnologías y armar su propia arma.

Este año, la empresa Robohand crea la primer prótesis de mano, capaz de ser distribuida mediante por internet y ser impresa por los usuarios finales. La primera prótesis fue hecha para Liam, un niño sudafricano de cinco años que nació con síndrome de bandas amnióticas (ABS), que lo dejó sin dedos en su mano derecha. Ya ha habido más de 143.000 descargas de estos archivos.

En este año, las políticas públicas destinadas al desarrollo de esta tecnología se incrementan en todo el mundo. Por ejemplo, el gobierno chino invirtió US\$ 6,5M para la investigación destinada a desarrollar tecnologías para la fabricación aditiva en su país. Por su parte, el presidente de los Estado Unidos, Barack Obama, en su discurso de apertura del Congreso mencionó la creación de cuatro de los primeros 15 centros de investigación e innovación manufacturera ligada a estas tecnologías. Inglaterra no

se quedó atrás y anunció una inversión de 14,7 millones de libras para proyectos vinculados a la impresión en 3D, además de tomar como iniciativa la incorporación de la enseñanza de estas tecnologías en 60 escuelas primarias/medias a través de la inversión de 500.000 libras para comprar impresoras 3D y capacitar a los profesores para su transferencia.

La división de aviación de General Electric, el mayor proveedor del mundo de los motores a reacción, comienza a usar tecnologías de fabricación aditiva para producir componentes claves en motores a reacción.

La NASA otorgó a la Systems & Materials Research Corporation (SMRC) una beca del "Small Business Innovation Research Program" (SBIR) por US\$ 125.000 para desarrollar una impresora 3D de alimentos completamente funcional para la impresión personalizada de alimentos nutritivos. El objetivo de la NASA es suministrar de otra manera alimentos a los astronautas durante largos viajes espaciales.

Por otro lado, la *start-up* catalana, Natural Machines, presenta su prototipo de impresora 3D, Foodini. Así se pone en marcha un equipo capaz de producir por medio de impresión 3D una gama de productos alimenticios muy variada: chocolate, queso, ñoquis, ravioles, palitos de pan, etc. Esto es gracias a que los alimentos pueden mezclarse logrando la consistencia adecuada para la salida a través de su sistema de cápsulas y boquillas. Estaba programado para la producción en masa a principios de 2015, con un precio de salida al mercado de alrededor de US\$ 1.000. Sin embargo, Foodini no cumplió con su objetivo prefijado en el sitio de financiamiento colectivo Kickstarter, por lo que los planes de la compañía pueden cambiar.

2014- El cirujano británico Craig Gerrand lleva a cabo la reconstrucción pélvica de un paciente con un tumor óseo raro (no responde a drogas o quimioterapia). Gerrand y su equipo escanean la pelvis del paciente y la empresa Stanmore Implants utiliza tecnología de fabricación aditiva para hacer un modelo a medida de su pelvis. Este caso y otros más demuestran cómo a lo largo de todo el mundo las tecnologías de fabricación aditiva y tecnologías complementarias como procesos de escaneo en 3D (generalmente Tomografías Computadas) comienzan a ser usadas más a menudo en

procesos ligados a la medicina, permitiéndoles trabajar con mayor calidad y exactitud los casos de cada paciente aun en caso de elevada complejidad.

En lo que respecta al *bioprinting*, 2014 fue un año de muchos anuncios e hitos. Investigadores de la Universidad de Sidney fueron capaces de imprimir pequeñas fibras que luego fueron recubiertas con células endoteliales humanas. Esto, permite endurecer *a posteriori* dichas células y eliminar el material de las fibras impresas, dejando una red vascular hueca. Esto permitiría imprimir las células de órganos en torno a estas redes, logrando un flujo sanguíneo adecuado para mantener vivo el tejido impreso. Esta investigación se considera fundamental para el futuro de los órganos impresos en 3D. Por otro lado Organovo Inc. realizó la primera venta de tejidos humanos bioimpresos, llamados exVive3D. El tejido actualmente se enfoca en ser empleado por la industria farmacéutica ya que se proporciona muestras de tejido de hígado humano bioimpreso para pruebas de toxicidad de diferentes drogas. Los directivos de la empresa también anunciaron que la compañía será capaz de imprimir órganos humanos parciales en algún momento dentro de los próximos 4 o 6 años.

Otra tendencia que se observa por estas fechas es que una multitud de fabricantes y entusiastas de las tecnologías de impresión 3D enfocadas a uso personal o *hobby*, usan cada vez más los sitios de *crowdfunding* o financiación colectiva para lanzar sus productos en tiempos mucho más rápidos a los acostumbrados. Esto plantea una gran advertencia debido a que muchos de estos proyectos, en su faz de lanzamiento, fracasan debido a la alta expectativa que generan en los consumidores y la incapacidad en muchos casos de cumplir con lo pautado en su campaña de difusión (por ejemplo: costo final, capacidad de entrega, problemas con suministros de materiales, etc).

La *hacker* Grace Choi reveló al mundo la primera impresora 3D de maquillaje que llamo Mink. La impresora utiliza una tecnología bastante simple de impresión con el fin de imprimir tonos personalizados de lápiz de labios, sombra de ojos, e incluso el esmalte de uñas. Choi, planea introducir la máquina a la multimillonaria industria de los cosméticos, durante este 2015.

En lo que respecta a la aplicación de las tecnologías de impresión 3D y fabricación aditiva a los grandes formatos y tipologías de productos, el 2014 fue un año de grandes conocimientos en nuevas aplicaciones.

El equipo de la empresa Local Motors imprimió un coche en vivo en el Chicago International Manufacturing Technology Show. El vehículo Strati, incorpora motor eléctrico Twizy de Renault, fue impreso y montado delante de los asistentes, en vivo, llevando en total de sólo 44 horas en completarse. La compañía también está considerando la posibilidad de trabajar otros tipos de vehículos como barcos y aviones.

Por otro parte, en varios lugares del mundo, la impresión de casas y estructuras civiles comenzó a tomar relevancia. Tal es el caso de la empresa china Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co., que difundió su sistema de impresión 3D "Atlas" capaz de construir 10 casas en un solo día por 4.000 euros cada una. Utiliza como material un cemento aplicado a alta temperatura con cargas de fibra de vidrio. También se puede mencionar el caso del arquitecto Adam Kushner con Enrico Dini y James Wolff quienes han estado trabajando en un proyecto para fabricar por medio de estas tecnologías una casa, la cual consistirá en 4 dormitorios (el techo también será impreso en 3D) y una piscina. También, Skanska se ha asociado con el famoso estudio de arquitectura Foster y los ingenieros de la Universidad de Loughborough (LU) para crear un consorcio cuyo fin sea el desarrollo de un robot capaz de imprimir componentes estructurales complejos con hormigón.

La *start-up* americana MatterFab hace públicos sus planes de lanzar comercialmente una impresora 3D de metal a principios de 2015 la cual definen como "un equipo más barato capaz de fabricar con la misma calidad que las impresoras 3D de metal de millones de dólares". Las tecnologías que planean utilizar para dicho equipo son Powder Bed Fusion y Selective Metal Welding implementando con ellas diversas técnicas de ahorro de costes, incluyendo el uso de diferentes láseres y cámaras en lugar de ventanas blindadas para supervisar el proceso de construcción.

Un importante hito dentro de la impresión 3D ocurrió en julio de 2014, cuando Amazon, compañía estadounidense de comercio electrónico y servicios de *cloud*

computing, abrió su tienda de impresión 3D ofreciendo una amplia gama de productos, que los clientes pueden personalizar y adquirir. Para ello, Amazon se alió estratégicamente con socios como Sculpteo, 3DLT y Mixee Labs para cumplir con los pedidos de sus clientes.

Luego de una larga ausencia, Hewlett Packard anunció oficialmente su entrada en el mercado de la impresión en 3D con una nueva tecnología llamada *Multi Jet Fusion*. A pesar de que dichos equipos no se entregarán hasta 2016, la compañía afirma que su tecnología está muy por delante de las tecnologías de la competencia ya que será capaz de imprimir a velocidades 10 veces mayor. La entrada de HP a este negocio prefigura un futuro ya que empresas como Stratasys y 3D Systems podrían ser obligados a revisar sus presupuestos de I+D un poco más para poder competir.

También el desarrollador de *software* CAD, Autodesk, anunció en mayo que ellos producirán su propia impresora 3D llamada Ember SLA 3D y desarrollarán un sistema operativo de la impresora 3D llamado Spark.

En septiembre de este año, la NASA envió a la Estación Espacial Internacional (ISS) la primera impresora 3D, ZeroG, capaz de crear objetos en ausencia de gravedad tal como la conocemos en la tierra. El objetivo es aprender más sobre el proceso de impresión en 3D en un entorno con condiciones de micro gravedad. A partir de aquí, varias empresas privadas están trabajando empeñadamente en métodos, aplicaciones y tecnologías para permitir la impresión 3D fuera de la atmósfera de la tierra ya que ha sido un gran ejemplo de cómo los astronautas pueden imprimir componentes personalizados, según sea necesario, sin tener la carga de tener que traer numerosos suministros al espacio o misiones de suministro.

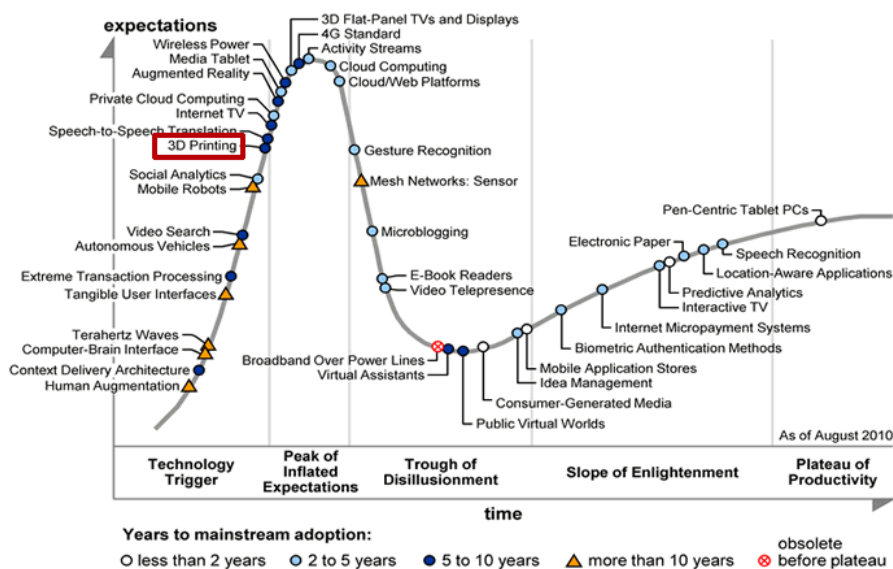
2.1.4.2 Análisis evolutivo actual y a futuro

Si bien hasta aquí vemos una constante evolución de estas tecnologías en muchos ámbitos, lo que nos prefigura cierto desarrollo y madurez, cabe señalar que esto debe ser interpretado de manera particular en cada caso y según cada contexto de aplicación. Para ello, resultan de mucha utilidad algunos estudios, como por ejemplo

el que realiza la consultora Gartner Inc. que busca caracterizar el momento en que las tecnologías emergentes serán ampliamente aceptadas.

La mencionada consultora realiza desde 1995 un estudio conocido como “Ciclos de Hype” que muestra a través de un gráfico de coordenadas cómo y cuándo las tecnologías como la impresión 3D o la manufactura aditiva se mueven más allá del *boom* inicial, ofreciendo cada vez más beneficios prácticos hasta que se vuelven ampliamente aceptadas y maduras.

Gráfico 1. “Ciclo de Hype” para tecnologías emergentes



Fuente: Gartner, Inc.

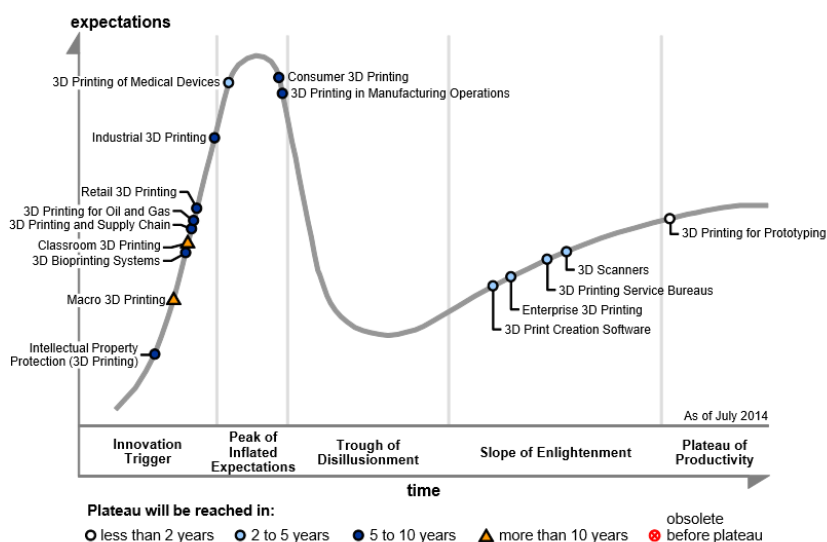
Según este gráfico, la impresión 3D (y tecnologías relacionadas) hasta agosto de 2010 se posicionaban como tecnologías en crecimiento a investigar, con una alta expectativa y una posible adopción y madurez en los futuros años (de 5 a 10 años). Si bien estas tecnologías aún no han llegado a lo que Gartner denomina pico de expectativas, éstas se comenzaban a acercar.

En el informe de 2010, Gartner clasifica a la impresión en 3D como una tecnología transformadora (nivel más alto que se puede dar a cualquier tecnología) por encima incluso de tecnologías muy reconocidas como por ejemplo, *e-books*, la televisión interactiva, sistemas de micropagos, TV de pantalla plana, las redes 4G o incluso la

energía inalámbrica. Esto es debido a que se considera que estas tecnologías de manufactura afectarán a muchos productos de consumo y formas de negocios de manera que solo se podía imaginarse en ese momento.

A partir de 2014, y por la fuerza y conocimiento que han tomado estas tecnologías dentro del dominio popular, Gartner Inc. realiza el primer análisis por medio de “Ciclo de Hype” del ecosistema de la impresión 3D y manufactura aditiva.

Gráfico 2. “Ciclo de Hype” para el ecosistema de impresión 3D y manufactura aditiva



Source: Gartner (July 2014)

Fuente: Gartner, Inc

Este análisis nos permite ver que, si bien las tecnologías en general han crecido y evolucionado, la impresión 3D de consumo o impresión 3D personal tendrá que esperar un tiempo para poder ser aceptada, madura y adoptada (entre 5 y 10 años). No obstante a esto, las aplicaciones de esta tecnología de fabricación aditiva en empresas y en el sector médico/salud tendrán un impacto más grande en un periodo futuro de 2 a 5 años gracias a que sus usos siguen evolucionando rápidamente (por ejemplo, prótesis e implantes).

Otro dato interesante que se puede observar en este gráfico es que la adopción de las tecnologías de impresión 3D en las escuelas tardará más de 10 años en ser adoptada de manera generalizada. Esto sucede debido a que la adopción de cualquier nueva tecnología en las escuelas, incluso una tecnología tan transformadora como la impresión 3D, siempre es cara y difícil de poner en práctica.

2.1.5 El mercado de la tecnología de fabricación aditiva

La tecnología de fabricación aditiva no solo es un grupo de tecnologías de punta que tiene el potencial para reemplazar a muchos procesos de fabricación convencionales, sino también, y como ya se citó anteriormente, son tecnologías que permiten nuevos modelos de negocios, nuevos productos y el florecimiento de nuevas cadenas de suministro. Sin embargo, también son grupos de tecnologías incipientemente explotadas por un pequeño número de primeros usuarios globales. La industria de la fabricación aditiva (siempre incluyendo máquinas y equipos, materiales y servicios asociados en todo el mundo), se valoró en US\$ 1,9 mil millones en 2011 (informe Wohlers 2012). Es así que el sector disfrutó de una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 24,1% en 2010 y de casi el 30% en 2011 (esto representa un aumento de US\$ 1,7 mil millones)¹². Durante el año 2012, la actividad económica dentro del sector registró un crecimiento a una tasa del 28,6% (CAGR) aumentando en US\$ 2,2 mil millones (informe Wohlers 2013)¹³.

Cabe destacar que el crecimiento medio anual (CAGR) de la industria entre los años 1987 y 2012 ha sido de un impresionante 25,4%. En lo que respecta al sector de equipos de bajo costo (menos de US\$ 5.000) o segmento de mercado del tipo "personal", se pudo ver un crecimiento notable entre 2008 y 2011, con un promedio anual de 346%. En 2012, esta cifra abismal de aumento se enfrió significativamente con un crecimiento estimado de solo 46,3%.

¹² Additive Manufacturing Special Interest Group (AM Sig). *Materials KTN, Technology Strategy Board U.K. "Shaping our national Competency in additive manufacturing"*, 2012, p4.

¹³ Wohlers T., *"Wohlers Report 2013. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report"*, 2013.

Durante 2013, el sector en general aumentó a US\$ 3 mil millones con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 34,9% (la más alta en 17 años)¹⁴. Por su parte, en el año 2014, el sector creció a una tasa del 35,2% (CAGR) llegando a US\$ 4,1 mil millones. La industria se expandió más de US\$ 1 mil millones en 2014, con 49 fabricantes de producción y venta de máquinas de fabricación aditiva de tipo industrial. Esto engloba una tasa compuesta anual durante los últimos tres años (2012-2014) del 33,8%¹⁵.

Sin embargo, la tecnología actualmente tiene una baja de penetración en el mercado industrial en general según se observa en la investigación de Gartner Inc. de 2014 basada en una encuesta a nivel mundial para determinar cómo las organizaciones están utilizando o planean utilizar la tecnología de fabricación aditiva. Los encuestados fueron 330 personas empleadas por organizaciones de al menos 100 empleados. Esta penetración limitada se atribuye en gran parte a la falta de visibilidad de esta tecnología en la comunidad industrial global, pero más significativamente a las deficiencias actuales que se presentan en algunos procesos aditivos para su adopción como tecnología productiva y su alto costo (el 60% de las organizaciones respondió que los altos costos de puesta en marcha son un factor principal en el retraso de la implementación de estrategias productivas vinculadas a esta tecnología)¹⁶.

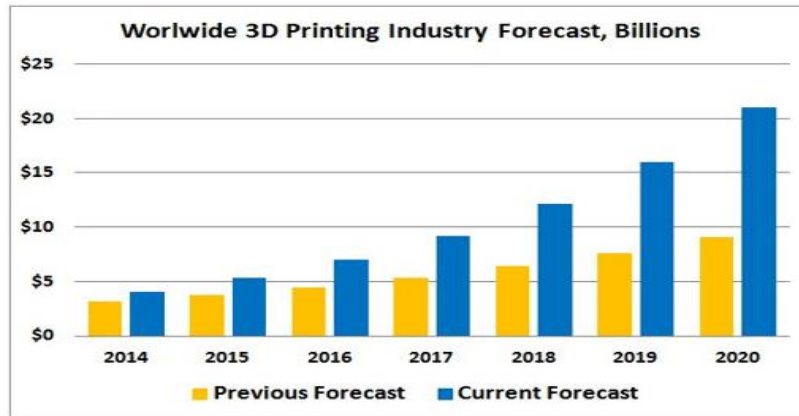
Se estima que si se pueden superar estas barreras y mejorar la penetración de la tecnología en el mercado industrial, el futuro del sector podría estar para 2017 por arriba de los US\$ 6 mil millones en todo el mundo y de US\$ 20 mil millones para 2021.

¹⁴ Wohlers T., "Wohlers Report 2014. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report", 2014

¹⁵ Wohlers T., "Wohlers Report 2015. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report", 2015

¹⁶ Gartner, Inc. "3D Printer Market Survey Reveals Enterprise Demand Drivers for Technology, Printer and Vendor Decision Making", 2014

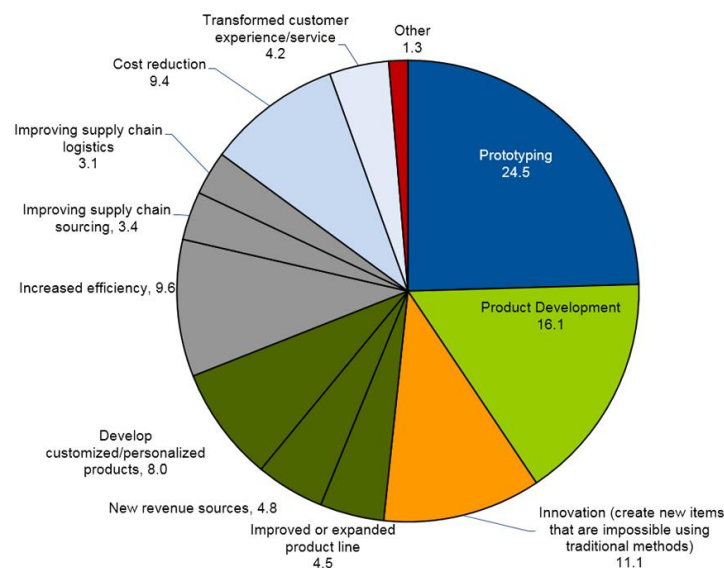
Gráfico 3. Previsión de ventas de la industria de la impresión 3D y fabricación aditiva en billones de dólares



Fuente: Wohlers Report 2014.

El estudio desarrollado por Gartner Inc. citado más arriba también reveló que, si bien la creación de prototipos, la innovación y el desarrollo de productos siguen siendo los principales usos de la tecnología de impresión 3D y fabricación aditiva; la misma también está siendo utilizada ampliamente en aplicaciones de fabricación.

Gráfico 4. Motivos para el uso de las tecnologías de fabricación aditiva dentro de las organizaciones



Fuente: Gartner, Inc.

De este estudio, surge también un hallazgo interesante, ya que los encuestados mayoritariamente consideran que el uso de un equipo de fabricación aditiva como integrante de su cadena de suministro, reduce el costo de los procesos existentes (especialmente los costos de investigación y desarrollo de productos). Por ejemplo, la reducción media de costos para productos terminados observada es de entre 4,1 % y 4,3%. Si tuviéramos que observar un caso concreto en función de una organización vinculada a este sector, podríamos citar el caso de 3D Systems que registró un aumento del 27% desde 2013 hasta 2014 (creciendo a US\$ 609,8 millones) en ventas dentro de su sector de equipos destinados al diseño y desarrollo. Por su parte, en el sector vinculado a la Salud, 3D Systems aumentó un 80%, pasando de US\$ 71,7 millones en 2013 a US\$ 129,3 millones en 2014. En lo que respecta al segmento de consumidores personales o impresión 3D doméstica, creció un 26% desde 2013 a 2014 (US\$ 34,8 millones en 2013 a US\$ 43,8 millones en 2014).

2.1.6 Beneficios e impactos de las tecnologías de manufactura aditiva

Todas las tecnologías de fabricación aditiva en general tienen la capacidad de ofrecer beneficios significativos para una amplia gama de aplicaciones, impactando positivamente en los elementos sociales, económicos e incluso ambientales para el desarrollo sostenible. A continuación, enumeramos algunas de las respectivas ventajas de las tecnologías de fabricación aditiva sobre los sistemas de fabricación tradicionales:

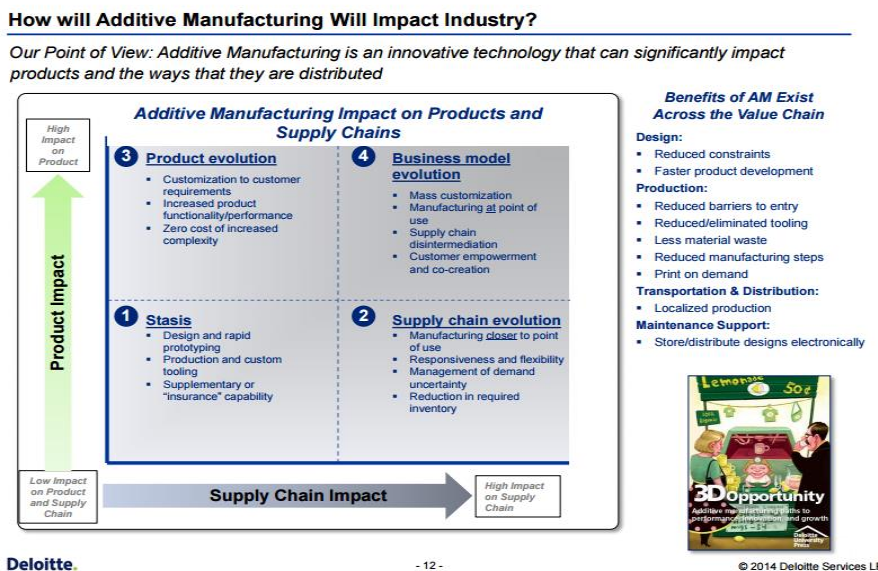
- *Permiten ir del diseño CAD a la parte/pieza/producto rápidamente:* los procesos de manufactura aditiva permiten que un diseño CAD 3D de un componente, una pieza o de un producto, se convierta directamente en un objeto físico material con poca mano de obra, gracias a poder englobar dentro de estas tecnologías varios pasos productivos, reduciendo drásticamente los tiempos totales de fabricación. Esto hace que se ahorren tiempos claves durante el diseño y desarrollo de productos, además de permitir la fabricación de productos bajo demanda.

- *Es posible la personalización y la creación de series cortas:* las tecnologías de manufactura aditiva permiten a los usuarios generar productos con una mayor personalización y especificidad según cada caso sin costes adicionales de fabricación, tales como costos de herramientas adicionales o como cambios en matricería o moldes. Incluso, la fabricación aditiva es generalmente más competitiva (comparada con métodos tradicionales) cuando es enfocada para manufacturar series bajas o de mediano volumen de producción.
- *Diseñar piezas y componentes enfocados 100% en la función:* esta tecnología permite a los equipos de desarrollo y los usuarios generales realizar el diseño enfocado en la función final que requiere satisfacer cada producto y no para la producción. Esto es debido a la libertad geométrica posible con estas tecnológicas. Por ejemplo, permitiría diseñar componentes con estructuras internas huecas o reticuladas estructuralmente que serían imposibles de producir con técnicas de fabricación convencionales. Estas tecnologías permiten jugar con distintas composiciones tridimensionales del material a la hora de concebir un producto, permitiendo en algunos casos actuar sobre propiedades químicas, mecánicas o eléctricas y adaptar dicho comportamiento a las necesidades estrictamente requeridas en cada caso (resistencia, capilaridad, aerodinámica, conductividad, etc.).
- *Diseñar piezas reduciendo pesos o volúmenes:* al construir capa a capa es posible un tipo de fabricación más flexible permitiendo producir estructuras ligeras y más optimizadas. Por ejemplo, las partes se pueden hacer con estructuras del tipo panal de abejas o con reticulados complejos que mantienen la resistencia estructural necesaria pero con una menor densidad y un peso más reducido.
- *Piezas y productos de características multimaterial:* en algunas tecnologías de fabricación aditiva, como es el caso de algunas de los grupos de deposición por energía dirigida o inyección de material, además de jugar con la porosidad y densidad de un mismo material, es posible fabricar aportando simultáneamente varios materiales en un mismo producto. Esto permite

agregar al producto diferentes resistencias mecánicas en diferentes zonas de la pieza, o durezas, entre otras.

- *Permiten integrar mecanismos o sistemas en una misma pieza:* al poder integrar distintas geometrías y materiales en un mismo sólido gracias a la construcción por capas, estos procesos pueden hacer que se construyan simultáneamente ejes y su respectivo buje o cojinetes, rodamientos, tornillos sin fin con su tuerca, etc.; totalmente integrados en la pieza en la que deben trabajar, sin necesidad de ensamblar componentes posteriormente a su fabricación, ni de deber realizar ulteriores ajustes. Esta particularidad no es común a todas las tecnologías de fabricación aditiva.
- *Reducción de residuos de la producción:* estas tecnologías tienen el potencial de fabricar bajo el concepto de cero residuos, en relación al aprovechamiento del material. Los desperdicios generados durante el proceso tienen el potencial de ser reciclados rápidamente o reusados. Este ítem hace a las tecnologías de fabricación aditiva más eficientes que procesos convencionales como Torneado o Fresado de componentes.
- *Fabricación localizada o regional:* las tecnologías de fabricación aditiva permiten la fabricación de productos de manera localizada (en cualquier bureau de servicios por ejemplos) sin tener que ser cautivos de logísticas, importaciones y cadenas de comercialización. Este ítem puede traducirse en la creación de empleo y el crecimiento económico de algunas regiones. Así mismo, este hecho plantea un nuevo paradigma de comercialización, el cual ya no estaría enfocado 100% en el bien de consumo o producto físico, sino más enfocado en la comercialización de intangibles como información, know-how o los Archivos CAD 3D del producto, entre otros.

Figura 12. El impacto de las tecnologías de fabricación aditiva en la industria (productos y cadena de suministros)



Fuente: Deloitte Services.

2.1.7 Limitaciones y desafíos tecnológicos a futuro

A pesar de los evidentes beneficios mencionados hasta aquí, existen algunas limitaciones de estas tecnologías que impiden que se implementen de manera rápida y generalizada en las diferentes industrias. Al igual que en todo proceso productivo, los procesos de manufactura aditiva todavía pueden ser más eficientes, no solo en el proceso de fabricación, sino también en procesos periféricos y/o auxiliares (manipulación de materiales, control de calidad, estandarización, etc.).

- *Disponibilidad y costo de los materiales:* en la actualidad es posible utilizar técnicas de fabricación aditiva con muchos materiales diferentes tal como se mencionó anteriormente. No obstante, la gama de materias primas disponible es inferior a la que puede ser utilizada por otros métodos de fabricación (sustracción y/o conformación). Esto se suma al mayor costo de adquisición de los materiales por unidad de medida respecto de sus equivalentes para otros procesos convencionales. Estos problemas son inherentes y derivan directamente de los bajos volúmenes de consumo actuales a nivel mundial

(siempre respecto a procesos convencionales). Disponer de nuevos materiales que satisfagan requisitos concretos de las diferentes industrias es un aspecto crítico para el futuro desarrollo tecnológico vinculado a este sector.

- *Acabado superficial de las piezas y velocidad de fabricación:* estos aspectos se presentan solidarios debido a que el teórico aumento de la velocidad de fabricación condiciona la calidad superficial de los objetos impresos. Son retos muy importantes que debe resolver el sector para que estas tecnologías sean aceptadas y naturalizadas por sectores industriales donde en la actualidad solo se admite la fabricación convencional. La estratificación generada por la acumulación de capas, es un defecto que puede apreciarse en la superficie de la pieza, la mejora de esta característica reside en la disminución de los espesores de las capas incidiendo de manera directa en el tiempo de fabricación, haciendo complejo este equilibrio.
- *Calidad de producto y repetitividad de los procesos:* algunas tecnologías aditivas actualmente presentan problemas con la capacidad de repetitividad de la misma geometría, es decir no es posible asegurar una precisión dimensional fina en la fabricación de varias piezas iguales. Asimismo, la estabilidad en las propiedades físicas del producto (dureza, elasticidad, carga de rotura, metalurgia, etc.) es un aspecto crítico para su homologación y estandarización en determinados sectores productivos donde la calidad es un elemento crítico a analizar. Estas deformaciones y/o desviaciones pueden generarse por tensiones que se generan entre capas debido a pequeñas contracciones del material al enfriarse en los procesos térmicos o polimerizarse en procesos de fotopolímeros.
- *Limitaciones dimensionales de las piezas:* el volumen de los productos que se pueden manufacturar con estas tecnologías suele ser bastante limitado y condicionado por el volumen del área de trabajo específico de cada equipo según la tecnología empleada. Así mismo, también existen límites inferiores para piezas y detalles más pequeños que se pueden fabricar según cada

tecnología (dependiendo del diámetro de boquillas, espesores de capa, capacidad del láser empleado, etc.).

- *Coste de la maquinaria y equipos asociados al sector:* similar a lo que sucede con los materiales, el costo de la maquinaria se ve limitado por el tamaño del mercado global actual. No obstante, los precios varían según los segmentos de equipos y las tecnologías empleadas como así también por sus prestaciones técnicas en función de la aplicación final del producto y de la calidad que se requiera para cada caso. La tendencia es que esta maquinaria, como ocurrió en el pasado con otras tecnologías, vaya reduciendo su coste al ir introduciéndose en la industria y en nuevos mercados y se alcance la escalabilidad económica. Así mismo, la liberación de licencias y patentes (por ejemplo, *FDM*, o *SLA* y actualmente *SLS*), es lo que ha permitido disminuir los costos de los equipos en función del aumento de la oferta, además de la inserción en nuevo mercado (por ejemplo el de consumidores finales o usuarios personales).
- *Desarrollo de sistemas CAD más específicos:* en la actualidad existen *software* diversos para diseñar sólidos y superficies complejas pero éstos, en su mayoría, han sido desarrollados para una ingeniería de fabricación basada en procesos sustractivos y/o conformativos y no en procesos aditivos. En algunos casos, esto puede transformarse en una limitante crítica en el empleo y adopción de estas tecnologías. Por ejemplo, las posibilidades de diseñar piezas con diferentes densidades o diferentes cualidades de materialidad (porosidad, diferentes materiales, etc.) no están resueltas de manera práctica y directa por las herramientas CAD más convencionales y difundidas.
- *Manipulación de materia prima en polvo:* la recuperación de materiales sobrantes del proceso (por tamizado), como así también la carga y descarga del material, o la limpieza de la máquina para evitar la contaminación cuando se cambia de material, son todas operaciones completamente manuales y muy laboriosas (en ocasiones peligrosas). Este tipo de operaciones, por lo tanto, suponen altas tasas de improductividad y un número de operaciones sin valor añadido elevado.

- *Separación de piezas metálicas de placas de construcción:* en algunos procesos con material metálico como materia prima, las piezas se construyen soldadas/fusionadas a una placa base metálica. Una vez terminado el proceso, se debe separar la pieza de dicha placa, proceso que convencionalmente se realiza mediante herramientas de corte convenciones de disco o cinta y de forma poco eficiente. Este proceso puede generar deformaciones o roturas en la pieza recién acabada de fabricar e incluso generar un post procesado final adicional.
- *Procesos de acabado de las piezas:* en caso de que haya que someter las piezas a un acabado, ya sea por tratamiento térmico o por procesos mecánicos, las piezas resultantes de estos procesos presentan algunas dificultades. Básicamente, sucede producto del incipiente conocimiento real que existe sobre las propiedades finales de los materiales fabricados aditivamente, frente a los comportamientos bien conocidos de piezas mecanizadas, estampadas, inyectadas, fundidas, soldadas, etc. Asimismo, los procesos de acabado en piezas de algunos materiales como los metálicos (tal como vimos anteriormente) resultan laboriosos y de un costo alto en relación a la cantidad de mano de obra necesaria para su terminación final.
- *Propiedades anisótropas en las piezas finales:* la fabricación aditiva introduce nuevos factores a tener en cuenta respecto a las características mecánicas finales que poseen los productos fabricados, dependiendo de la dirección de construcción de las capas. Los productos fabricados bajo estas tecnologías presentan distintos comportamientos según el eje de construcción elegido (x,y,z) y su ubicación (anisotropía), además de contar con la posibilidad de la fabricación de piezas con distintas características de material por lo que los productos deben analizarse y valorarse de manera diferente a lo usual para procesos productivos convencionales.
- *Desconocimiento por parte de los diseñadores industriales:* los diseñadores son formados para desarrollar piezas y productos que se puedan fabricar por métodos sustractivos o conformativos, convirtiendo esto en una limitación

considerable en función de poder aprovechar al máximo posible la tecnología de manufactura aditiva y sus beneficios.

- *Propiedad intelectual:* uno de los principales retos que se abren con estas tecnologías que permitirán fabricar productos de manera individual por parte del público en general (por ejemplo mediante descargas de diseños por internet o por procesos de escaneo de productos) es reconsiderar los límites e implicancias relacionadas con la propiedad intelectual y el registro de dichos diseños y productos.

2.2 La industria alimenticia y la impresión 3D

El término industrias alimenticias abarca un conjunto de actividades dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras.

La alimentación y agricultura representan alrededor del 5,9 % del PBI mundial. La facturación global al por menor de alimentos representan aproximadamente US\$ 4 trillones/año.

La industria alimentaria actual ha experimentado un intenso proceso de diversificación y comprende desde pequeñas empresas tradicionales de gestión familiar, caracterizadas por una utilización intensiva de mano de obra, a grandes procesos industriales altamente mecanizados basados en el empleo generalizado de capital.

Según expertos, el sistema alimentario mundial experimentará una confluencia de presiones sin precedentes en los próximos 40 años. Por el lado de la demanda, la población mundial aumentará desde los casi 7.000 millones de habitantes actuales hasta 8.000 millones antes de 2030 y probablemente hasta más de 9.000 millones antes de 2050. Muchas personas tendrán una mejor situación económica, lo que

aumentará la demanda de una dieta más variada y de alta calidad que exigirá producir recursos adicionales¹⁷. Del lado de la producción, se intensificará la competencia por el suelo, el agua y la energía, mientras que los efectos del cambio climático se harán más evidentes. Se hará imperiosa la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptarse a un clima cambiante.

Durante este periodo, la globalización seguirá adelante, lo que someterá al sistema alimentario a nuevas presiones económicas y políticas. Cualquiera de estas presiones representarán importantes desafíos para la seguridad alimentaria; juntas constituirán una seria amenaza que requiere una reevaluación estratégica de la alimentación mundial.

En general, se han identificado y analizado cinco desafíos principales para el futuro. Responder a ellos de una forma pragmática que aumente la resistencia a las tensiones e incertidumbres futuras será esencial si queremos prever y gestionar las importantes tiranteces del sistema alimentario. Estos son:

- Equilibrar la *sostenibilidad de la oferta y la demanda futura* para garantizar que los suministros alimentarios sean asequibles.
- Garantizar la existencia de una adecuada *sostenibilidad de los suministros alimentarios y proteger a las personas más vulnerables* frente a la volatilidad que se produzca.
- Conseguir un *acceso mundial a los alimentos* y acabar con el hambre. Este punto reconoce que producir en el mundo alimentos suficientes como para alimentar potencialmente a todos sus habitantes no es lo mismo que garantizar la seguridad alimentaria para todos.
- Gestionar la contribución del sistema alimentario a *mitigar el cambio climático*.

¹⁷ <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html>

- *Conservar la biodiversidad y los servicios del ecosistema* además de alimentar al mundo.

Los dos últimos puntos reconocen que la producción alimentaria ya domina gran parte de la superficie terrestre mundial y las masas de agua y tiene un importante impacto sobre todos los sistemas ambientales de la tierra.

La industria alimenticia deberá considerar además temáticas tales como los sensores, las redes virtuales, el aprendizaje automático, la robótica, la impresión 3D, la genómica y la ciencia de los materiales que van a transformar la forma en que los alimentos son producidos, preparados, entregados y consumidos en pos de los desafíos antes mencionados. Dada la profundidad de cambio que estas tecnologías proponen, muy probablemente pueda tener lugar la generación de innovaciones disruptivas. Si bien este escenario va a ser un cambio drástico, no debemos olvidar cuánto los alimentos han cambiado ya en los últimos dos siglos.

Respecto a la preparación de alimentos, compañías como 3D Systems, Natural Machines, Print2Taste y otras están experimentando con alimentos impresos en 3D. Mientras la impresión 3D con chocolate y azúcar está en marcha, pronto se podrán observar impresiones 3D de almidones, proteínas (nuevas proteínas tales como algas e insectos) y especies.

A diferencia de la aplicación de robótica en la fabricación de alimentos, la impresión de alimentos en tres dimensiones integra la impresión en 3D y gastronomía digital para revolucionar los productos con formas personalizadas, colores, sabores, texturas, e incluso la nutrición. Por lo tanto, los productos alimenticios pueden ser diseñados y fabricados para satisfacer las necesidades individuales a través de controlar la cantidad de material de impresión y el contenido de la nutrición.

En esencia, la impresión 3D de alimentos proporciona una solución de ingeniería para el diseño personalizado de alimentos y el control de la nutrición personalizada, una herramienta de creación de prototipos para facilitar el desarrollo de nuevos productos alimenticios y una máquina de potencial para volver a configurar una cadena de suministro de alimentos a medida.

La impresión 3D de alimentos ha demostrado su capacidad de hacer chocolates personalizados y producir aperitivos homogéneos simples. Sin embargo, estas aplicaciones son todavía primitivas con estructuras internas limitadas o texturas monótonas. Para lograr coherencia en la fabricación de alimentos, es necesario investigar sistemáticamente materiales de impresión, diseños de plataformas, tecnologías de impresión, y sus influencias en la fabricación de alimentos. Se espera un modelo de proceso vinculante del diseño, la fabricación y el control de nutrientes en forma conjunta.

Con el desarrollo de una interfaz de usuario interactiva, las impresoras de alimentos pueden formar parte de un sistema ecológico donde las máquinas conectadas en red pueden pedir nuevos ingredientes, preparar la comida favorita a demanda, promover la creatividad del usuario, e incluso colaborar con los médicos para promover dietas más saludables.

La impresión de alimentos puede ejercer una influencia significativa en varios tipos de procesamiento de alimentos. Se proporciona a los diseñadores y usuarios una capacidad mejorada y sin precedentes para manipular formas y materiales. Esta versatilidad, aplicada al servicio de la cocina o la cocina doméstica, puede mejorar la eficiencia para ofrecer alta calidad y productos de alimentos recién preparados a los consumidores con la nutrición personalizada. También es capaz de crear nuevos sabores, texturas y formas para proporcionar nuevas y únicas experiencias gastronómicas.

Alimentos impresos en 3D: ¿Por qué imprimir alimentos?

- *Alimentos personalizados y bienestar*: el consumidor busca la personalización, es decir, poder adueñarse de los alimentos que consume, eligiendo sus ingredientes como su calidad nutricional. La nutrición juega un rol importante para el consumidor, el cual necesita adecuar sus hábitos alimentarios y poder recibir una nutrición ajustada a su condición respecto a la salud o a su condición clínica, a su actividad física y estilo de vida.

Entre el 15 y el 25% de la población de adultos mayores sufre de dificultades para tragar sus alimentos y esto crea una necesidad de mercado cada vez mayor para la personalización masiva de alimentos. La industria de alimentos está investigando técnicas de personalización en masa para satisfacer las necesidades individuales en el gusto, la nutrición y la sensación en la boca.

La impresión 3D de alimentos es una solución potencial pero deberá superar los inconvenientes de las técnicas de personalización de alimentos actuales, tales como una menor eficiencia de la producción y el elevado coste de fabricación. Esto introduce capacidades artísticas en la cocina doméstica, y amplía las capacidades de personalización para el sector gastronómico industrial.

Muchas técnicas de formación de alimentos o la estructuración de los alimentos están optimizadas para la producción masiva. Los alimentos personalizados están diseñados y fabricados por artesanos entrenados, implementando técnicas que pueden implicar la utilización de los distintos semielaborados prefabricados para satisfacer las preferencias de los clientes actualmente.

En general, el coste para la producción de un número limitado de piezas personalizadas es significativamente alto. Para lograr la personalización en masa de una manera económica, se necesita un método innovador para diseñar y fabricar alimentos personalizados. Con el rápido desarrollo de las tecnologías de compra y de información en línea, las técnicas de personalización de alimentos están experimentando una gran revolución.

Se pueden definir tres maneras de personalizar el diseño de alimentos:

1. Crear alimentos personalizados en forma virtual y en línea con interfaces interactivas, invitando a los clientes a compartir su diseño y experiencias personales, como el diseño de rosquillas con variadas formas, masa, relleno, glaseado, etc;
2. Configurar productos visuales en línea para el autoservicio y orden en línea;
3. Proporcionar sitios de comida de co-creación para dar regalos con productos alimenticios altamente únicos, tales como la elección de una base de

chocolate y la adición de ingredientes exóticos para personalizar las barras de chocolate.

- *Libertad de forma y nuevos alimentos:* el consumidor busca nuevos conceptos de formas, texturas y sabores de sus alimentos. La mayor parte de las técnicas de fabricación de alimentos se desarrollan para la producción masiva, mientras que la comida y la creatividad de la personalización en las formas, estructuras y sabores son generalmente sacrificadas. La impresión 3D de Alimentos proporciona una plataforma para la experimentación con las formas de consumo de alimentos y podría ofrecer más libertad para los usuarios domésticos y diseñadores, para personalizar la configuración geométrica del alimento y personalizar imágenes a todo color, en formatos de alimentos sólidos.

Eso sí, la mayoría de las tecnologías de procesamiento de alimentos asociados con los cambios químicos y físicos pueden no coincidir con el proceso de impresión 3D. Esto se aplica a la composición (con sus ingredientes y sus interacciones), estructura, textura y sabor. Formulaciones de ingredientes con variadas combinaciones y distintas condiciones de fabricación pueden generar diferentes texturas en los productos, que pueden ir más allá de un nivel manejable. Otra cuestión es que en la impresión 3D el material debe terminar siendo rígido y lo suficientemente fuerte para soportar el peso de las capas depositadas posteriormente.

En otras palabras, es poco probable que las tecnologías de procesamiento de alimentos convencionales encajen en un escenario tan complicado, y que deban ser reformuladas.

- *Ingredientes alternativos:* proteínas de algas, gramíneas, semillas, hojas de remolacha e insectos son algunos de los nuevos ingredientes investigados como fuente de alimentos. Las materias primas e ingredientes sin procesar por lo general tienen una vida útil más larga que los productos alimenticios finales. Si los productos alimenticios se pueden imprimir de forma rápida en el acto sobre la base de necesidades de los usuarios, las personas pueden tener comidas frescas todo el tiempo.

Se han hecho esfuerzos considerables para la validez de los procesos materiales adecuados para la impresión 3D y para aumentar su estabilidad térmica durante el post-procesamiento.

La NASA está financiando un proyecto para determinar las capacidades de la tecnología de impresión 3D de alimentos para garantizar la estabilidad de nutrientes para una variedad de ingredientes y, además, reducir al mínimo los residuos.

- *Producción flexible y descentralizada:* a medida que la velocidad de elaboración avanza, la producción podrá ser efectuada localmente y a pedido del consumidor. La impresión 3D de alimentos está dirigida a una estrategia de producción bajo orden de compra, para lograr una mayor eficiencia de la misma con menores costos.

Bajo una plataforma de comercio electrónico, los consumidores pueden configurar o realizar transacciones, diseños de alimentos y fabricar productos físicos utilizando una instalación de producción cercana. Para lograr tiempos mínimos de lanzamiento al mercado, desde el diseño a la puesta en la góndola, muchos sitios web innovadores de diseño de alimentos y aplicaciones móviles pueden ayudar a los usuarios en el diseño y el orden personalizado de productos alimenticios. Todo ello se traducirá en un gran cambio en las cadenas de suministro de alimentos a medida, en la reducción de los costos de distribución, la simplificación del servicio de alimentos a medida, y permitirá llevar los productos a los consumidores en un tiempo más corto. Esta nueva cadena de suministro se inicia con los clientes que buscan una plataforma de diseño de alimentos en línea en función de sus necesidades y seleccionan un diseño de alimento. Los datos de diseño correspondiente se transfieren a un local de servicios de impresión 3D de alimentos donde se fabrican y finalmente se entregan a los clientes.

- *Conveniencia:* la elaboración fresca y personalizada para cuando el consumidor lo desee y a su medida. Durante años se ha oído hablar de conveniencia como concepto ligado a un formato comercial con un horario, surtido y ubicación excepcionales. Actualmente, el término se refiere a una fórmula orientada a un cliente que, en la tienda o en el restaurante y sea para

productos como para servicios, utiliza un estándar distinto como medidor de la eficiencia de la oferta. Un consumidor híbrido es aquel que ha trasladado al gran consumo una pauta de comportamiento detectada hace tiempo en otros sectores comerciales.

En este contexto, los diversos formatos no sólo tienen una competencia intra-canal de distribución, entre los distintos tipos de establecimientos, sino también inter-canal de distribución, de forma que el supermercado compite con el restaurante en términos de atención personalizada, variedad y servicio de comprar y llevar, si el supermercado mantiene una oferta de platos preparados. Para ambos canales uno de los puntos de unión posible es la conveniencia y la impresión 3D de alimentos ya que esta tecnología es aplicable para obtener productos de calidad y a buen precio.

Con una plataforma de impresión 3D de alimentos, los diseños de profesionales de la cocina se pueden fabricar en cualquier lugar mediante la descarga de los archivos de datos originales. Los usuarios y consumidores pueden reproducir una obra original mediante la importación de los archivos correspondientes de fabricación que llevan conocimientos culinarios y las habilidades artísticas de los chefs, expertos en nutrición, y los diseñadores de alimentos. Después de descargar los archivos de diseño, los productos pueden ser construidos en frente de los clientes que utilizan sus impresoras 3D personales. Se trata de un nuevo contexto de la toma de producto de la casa, lo que sería imposible de lograr con los métodos existentes.

- *Experiencia social:* los diseños, las recetas, la pre y post elaboración podrán ser compartidos por redes sociales. La alimentación es un comportamiento íntimamente ligado al humano, no sólo como un hecho fisiológico, sino también ampliamente asociado con la cultura. Por medio de la alimentación y más explícitamente con las múltiples preparaciones de la comida, se pueden transmitir sentimientos, pensamientos y actitudes como una manera más de comunicarnos.

Los humanos no comemos nutrientes o sustancias capaces de ser metabolizadas que cubren nuestras necesidades fisiológicas, ni alimentos que contienen a esos nutrientes, sino comida o sea sustancias comestibles mezcladas, preparadas y

organizadas según normas o recetas. Al situar la alimentación como un fenómeno social y cultural, la complejidad del hecho alimentario nos hace considerar cuestiones muy diversas de carácter biológico, ecológico, psicológico, cultural, económico, político o religioso.

Con un mundo más poblado y mejor comunicado, inmerso en una economía alimentaria global que disfruta de una avanzada tecnología productiva de los más variados alimentos, pero abocada a los problemas que está originando el cambio climático, la contaminación del medio, frecuentes crisis de inseguridad alimentaria y recientemente el drama de la emigración de la pobreza, apremia abordar nuevos retos en la producción sostenible de alimentos. Su composición nutritiva debe estar más de acuerdo con nuestras necesidades y la salud, junto a la posibilidad de optar por cambio de estilos de vida y patrones de consumo que aporten soluciones a la problemática que tiene nuestra sociedad a escala global.

2.3 La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva

2.3.1 Definiciones de vigilancia e inteligencia

La realidad económica actual en el ámbito internacional muestra, a partir de sus diferentes escenarios, un particular dinamismo y amplitud. Los incrementos permanentes de competidores a nivel global, los escenarios sin fronteras físicas generados por las tecnologías *web*, la disminución permanente de los ciclos técnicos y comerciales, la internacionalización y la libre circulación del conocimiento son factores que generan y generarán cada vez mayores niveles de competitividad en términos cuanti y cualitativos.

El conjunto integral de los actores que conforman las sociedades modernas se ve alcanzado por los efectos de estas nuevas y permanentemente cambiantes condiciones y reglas de participación en la lógica actual de desarrollo económico y social. En este contexto, y gracias al desarrollo y avance de las TIC, han surgido y

adquirido un rol central nuevas temáticas como son la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva (VTelC).

Si bien estas temáticas suelen darse a conocer en la actualidad con distintos “nombres y apellidos”, el concepto es similar al de vigilancia tradicional que las organizaciones siempre han practicado, ya que la vigilancia no es nueva.

Por otra parte, las organizaciones siempre han estado alertas a los cambios que podrían llegar a suceder en sus entornos (aparición de nuevos productos, nuevas tecnologías, nuevos hábitos de consumo, nuevos competidores, nuevos mercados, etc.) y pretenden eliminar o reducir las incertidumbres y acertar en las tomas de decisiones. En definitiva, buscan detectar a tiempo oportunidades y amenazas, tener éxito en el difícil empeño de lanzar nuevos productos y fabricarlos de la forma más eficiente, para lo cual suelen asistir a ferias, leen revistas de su especialidad científico- técnica, conversan con sus clientes, vendedores y/o proveedores, analizan con detalle los productos de su competencia, etc.

Todas las organizaciones han venido realizando lo que se llama “vigilancia tradicional” o vigilancia pasiva (*scanning*)¹⁸ que consiste en escrutar de forma rutinaria un amplio conjunto de fuentes de datos con la posibilidad de encontrar algo interesante. La información recogida es de incalculable valor para la supervivencia de las organizaciones.

La VTelC intentan complementar la dinámica de desarrollo de un ecosistema nacional de desarrollo socioeconómico y productivo centrándose en la ciencia, la tecnología y la innovación productiva, disminuyendo los niveles de incertidumbre, los niveles de riesgo y la complejidad de los procesos de innovación, propiciando así la generación de bases sólidas para el establecimiento de conductas sustentables de competitividad intensiva en conocimiento e innovación.

Entre las definiciones más conocidas sobre vigilancia podemos mencionar las siguientes:

¹⁸ Ver ESCORSA, P. y MASPONS, R. (2001).

- “La *vigilancia* puede definirse como el esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por poder implicar una oportunidad o amenaza para ésta, con objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios” (Palop y Vicente, 1999)
- “La *vigilancia* es el proceso ético y sistemático de recolección de información, análisis y diseminación pertinente, precisa, específica, oportuna, predecible y activa, acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización”. (SCIP)¹⁹.
- “La *vigilancia tecnológica* es un proceso organizado, selectivo y permanente de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”. (Norma UNE 166006)²⁰.
- “La *vigilancia tecnológica* consiste en la observación y el análisis del entorno científico, tecnológico y de los impactos económicos presentes y el futuro para identificar las amenazas y las oportunidades de desarrollo”. (Jakobiak, 1992).
- “La *vigilancia tecnológica* permite a la empresa determinar los sectores de donde vendrán las mayores innovaciones tanto para los procesos como para los productos que tienen incidencia en la empresa”. (Martinet y Marti, 1995).
- “La *vigilancia tecnológica* es el arte de descubrir, recolectar, tratar, almacenar informaciones y señales pertinentes, débiles y fuertes, que permitan orientar el futuro y proteger el presente y el futuro de los ataques de la competencia. Transfiere conocimiento del exterior al interior de la empresa, sus directivos”. (Rouach, 1996).
- “La *vigilancia tecnológica* incluye los esfuerzos que la empresa dedica, los medios de que se dota y las disposiciones que toma con el objetivo de conocer todas las evoluciones y novedades que se producen en los dominios

¹⁹ Ver *Society of Competitive Intelligence Professionals (SCIP)*, <https://www.scip.org/>

²⁰ Ver Norma Española UNE 166006:2011 - EX: Sistemas de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, España, AENOR.

de las técnicas que le conciernen actualmente o son susceptibles de afectarle en el futuro". (Lesca, 1994).

Según Gilad (1992) la función *inteligencia* definida como el acceso a tiempo al conocimiento e información relevante en las distintas fases de la toma de decisiones ha sido estudiada basándose en el seguimiento de la información que los directivos necesitan para la toma de decisiones.

Tanto la *vigilancia como la inteligencia* solo se ocupan de líneas de acción legales. Se debe tener en cuenta que la búsqueda y monitoreo de información debe efectuarse dentro de los límites de la legalidad y la ética. La inteligencia competitiva se diferencia del espionaje industrial por ocuparse solo del tratamiento de información obtenidas por medios absolutamente legales.

En los últimos años, la expresión *vigilancia* está siendo substituida paulatinamente por la de *inteligencia*, aunque ambas palabras continúan siendo usadas indistintamente. Sin embargo, otra corriente considera que la *inteligencia* presenta una información mejor elaborada y mejor preparada para la toma de decisiones.

Según Escorsa y Valls (1997), Rodríguez (1999) o Palop y Vicente (1999), ambas expresiones son prácticamente sinónimas. Podemos citar algunas definiciones de *inteligencia*:

- "La inteligencia es la metodología que tiene como objetivo dar la información correcta a la persona correcta en el momento correcto para tomar la decisión correcta (Porter, 2001)".
- En la literatura anglosajona a la "*inteligencia empresarial*" se la suele denominar "*competitive intelligence*" o "*business intelligence*", mientras que en francés se prefiere la denominación "*intelligence economique*" (Rouach, 1996).

Adicionalmente, el término *inteligencia* en el mundo anglosajón significa "información para la acción"; en la cultura hispana "conocimiento o acto de entender y comprender las cosas" y para la lengua francesa se define como "la aptitud para

adaptarse a una situación”. Por lo tanto, la inteligencia abarca no sólo la recolección de información, sino también su comprensión para finalmente actuar. De aquí que los términos de *vigilancia e inteligencia* se pueden considerar como similares.

Hace unos 20 años atrás, era relativamente sencillo vigilar. Hoy en día, frente a los factores y acontecimientos mencionados al inicio de este apartado, los cambios generan una gran cantidad de información produciendo una infoxicación, que dificulta la búsqueda de lo que realmente se quiere.

La infoxicación o “sobrecarga informacional” (*information overload*) es un término que define el exceso informacional (intoxicación informacional), es decir, tener más información de la que humanamente se puede procesar produciendo como consecuencia la ansiedad (técnicamente *information fatigue syndrome*). En esencia, se trata de una “intoxicación intelectual” producida por un exceso de información. Es un problema presente en la nueva realidad comunicacional asociada al uso de las nuevas tecnologías de la información. Todo este gran volumen de información resulta difícil de controlar, no siendo proporcional la velocidad exponencial de su creación con el tiempo disponible para acotarla²¹.

Bajo este nuevo contexto, se incrementa la exigencia para que las organizaciones accedan a la información de manera más organizada y sistematizada, con lo cual se comienza a potenciar la importancia de hacer *vigilancia e inteligencia*.

²¹ Ver ESCORSA, P. y MASPONS, R. (2001).

3. RELACIÓN ENTRE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y LA TECNOLOGÍA DE IMPRESORAS 3D

3.1 Alcance del estudio

El área de investigación alcanzada por el presente estudio es la de impresoras 3D o manufactura aditiva en la industria alimenticia. El objetivo del mismo fue determinar el estado de arte de la tecnología de impresión 3D, identificando su matriz tecnológica y relevando información respecto a su situación actual en los siguientes aspectos: científico, tecnológico y comercial. El foco estuvo en la industria de la alimentación y su vinculación con las tecnologías de impresoras 3D.

Para el presente estudio se utilizaron las herramientas de *Thomson Innovation* y *Thomson Data Analyzer* a partir de las cuales se pudo generar un *corpus* de información de un total de 254 registros, entre documentos de patentes y publicaciones científicas. La información se obtuvo a través de búsquedas en bases de datos internacionales con un análisis crítico y refinación sucesiva de las ecuaciones lógicas booleanas con las que se han alimentado los motores de búsqueda.

Con los distintos *corpus* obtenidos, se realizaron análisis con herramientas de *data mining* y *text mining*, con el objetivo de poder generar un conjunto de indicadores. Por un lado, se realizó un análisis a partir de información de patentes en los últimos 10 años a nivel mundial en el área de investigación definida, con el objeto de brindar información sobre:

- Tendencias de patentes a nivel mundial y en Argentina.
- Principales líneas de desarrollo tecnológico en el mundo y en Argentina.
- Líneas de desarrollo tecnológico incipientes en el mundo.
- Principales países líderes.
- Principales empresas que patentan.
- Solicitantes principales.

- Áreas tecnológicas en las que están trabajando los países líderes.
- Áreas tecnológicas en las que están trabajando los principales solicitantes.
- Países líderes en desarrollo de invenciones.
- Países en donde presentan patentes los principales desarrolladores de invenciones.

Por otra parte, se realizó un análisis a partir de información científica de los últimos 10 años a nivel mundial en el área de investigación definida, con el objeto de brindar información sobre:

- Tendencias de publicaciones científicas a nivel mundial.
- Principales investigadores en el mundo.
- Principales países de investigación.
- Principales instituciones de investigación en el mundo.
- Principales líneas de investigación en el mundo.
- Líneas de investigación incipientes en el mundo.

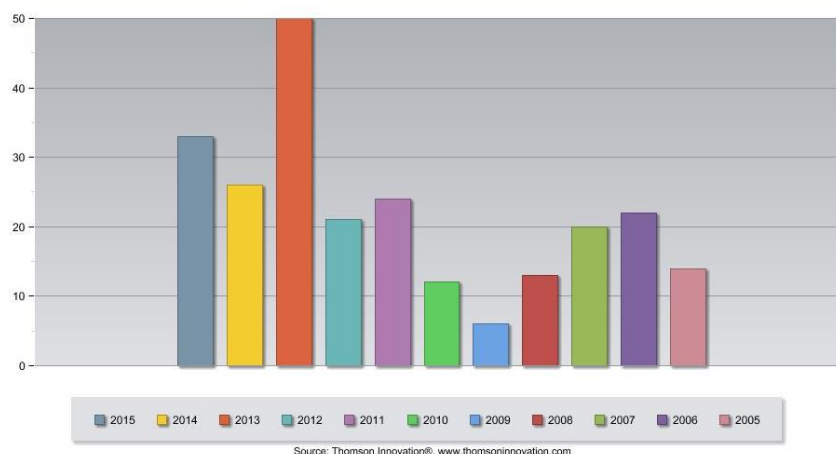
Por último, se ha hecho uso de la Antena Tecnológica – Plataforma de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva del Ministerio de Ciencia (sectores Plástico, Nanotecnología, TIC y Alimentos), aprovechando sus virtudes como generadora de información estratégica en sectores productivos. El uso de esta herramienta permitió vigilar qué cosas se están difundiendo con respecto a las tecnologías 3D en alimentos, desde fuentes de información no estructuradas como CORDIS, BID, y otras diversas fuentes de Legislaciones y Normas Técnicas.

3.2 Búsqueda y análisis de información tecnológica en impresoras 3D en la industria alimenticia

3.2.1 Tendencias de documentos de patentes a nivel mundial

En la siguiente figura se puede observar como en los últimos 5 años hubo un crecimiento notable sobre el tema en materia de patentabilidad, siendo el año 2013 el año con el mayor pico en patentes, con un total de 50 registros.

Figura 13. Tendencias en la publicación de documentos de patentes



Fuente: Thomson Innovation (Thomson Reuters).

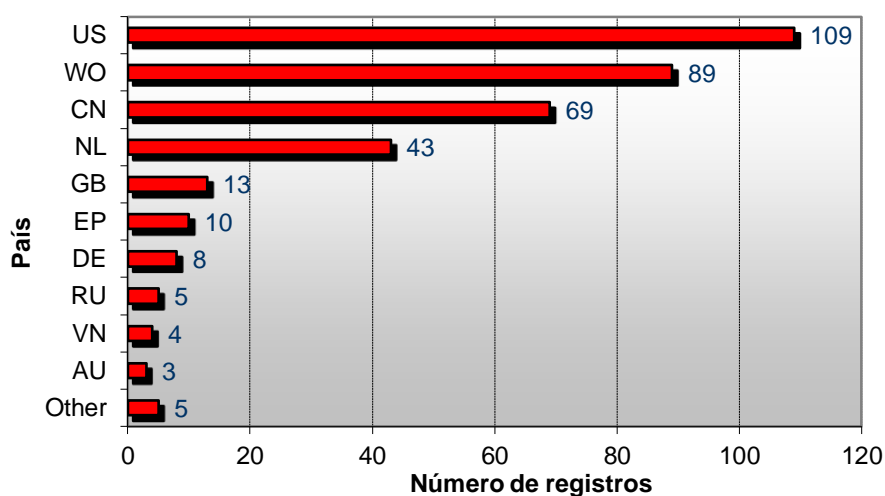
Las patentes de la tecnología 3D en el ámbito de la industria alimenticia empiezan a publicarse a partir del año 2005, recordando que las primeras patentes de tecnología de impresión 3D o de manufactura aditiva datan del año 1986.

Son 20 años de diferencia que permite asumir que el vencimiento de estas patentes ha permitido que esas tecnologías se desarrollen en otros ámbitos tales como el de la industria alimenticia.

3.2.2 Principales países líderes

Entre los países líderes en patentamiento de tecnologías vinculadas a la impresión 3D de alimentos se encuentran Estados Unidos, países de la Unión Europea y China (figura 14). En el anexo 3 se describen los acrónimos de cada país.

Figura 14. Principales países líderes



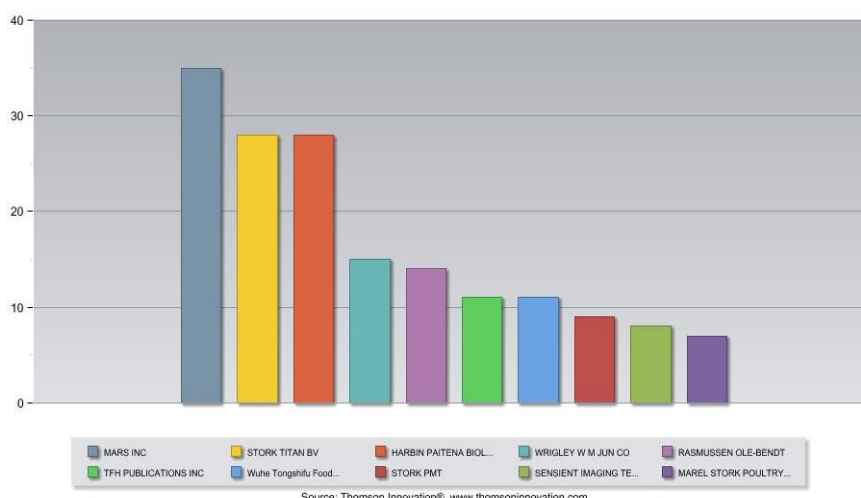
Fuente: Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

Notablemente Estados Unidos, donde surge esta tecnología, sigue liderando la aplicación de la misma y también la aplicación en el ámbito de la industria alimenticia.

3.2.3 Solicitantes líderes

Los solicitantes con mayor cantidad de registros de patentes relacionadas con impresoras 3D para alimentos son Mars Inc (35), Stork Titan BV (28) y Harbin Paitena Biolog Science & Technology Dev Co LTD (28).

Figura 15. Solicitantes líderes



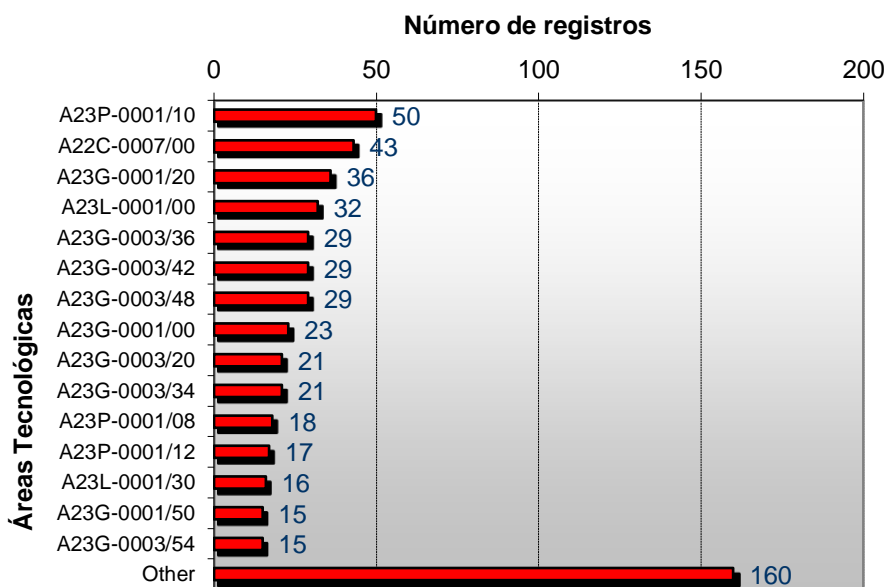
Fuente: Thomson Innovation (Thomson Reuters).

Entre los solicitantes líderes, aparecen alimenticias grandes tales como MARS y WRIGLEY, así como también “proveedores” de la industria alimenticia tal como SENSIENT.

3.2.4 Principales áreas tecnológicas

Las áreas tecnológicas con mayor cantidad de registros de patentes están relacionadas con la conformación o tratamiento de productos alimenticios (50 registros); tratamiento de la carne, de las aves de corral o del pescado (43 registros); productos a base de cacao (p. ej. chocolate; sucedáneos del cacao o de los productos a base de cacao; confitería; goma de mascar; helados) (36 registros) y sobre alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas.

Figura 16. Principales áreas tecnológicas relacionadas impresoras 3D

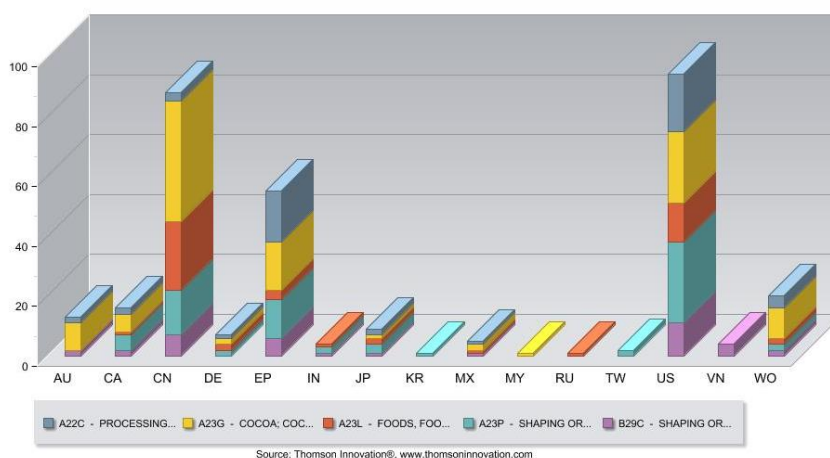


Fuente: elaboración propia a partir de Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

3.2.5 Países líderes vs áreas tecnológicas

En la figura 17 se puede observar como los países que han venido trabajando en materia de patentes en los últimos 10 años en más de un área tecnológica son Estados Unidos y China. Los focos principales donde han concentrado sus actividades están relacionados con tratamiento de la carne de las aves de corral o del pescado, productos a base de cacao, alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas y conformación o tratamiento de productos alimenticios.

Figura 17. Principales áreas tecnológicas por país

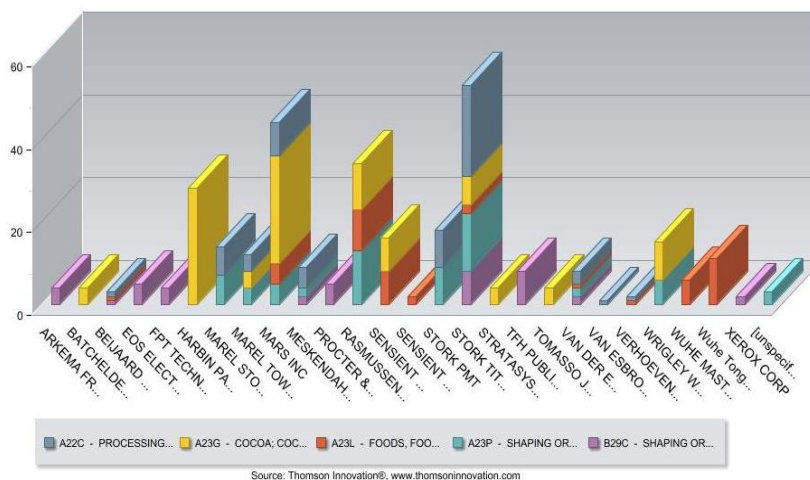


Fuente: Thomson Innovation (Thomson Reuters)

3.2.6 Solicitantes líderes vs áreas tecnológicas

Las áreas tecnológicas relevantes son referidas a los alimentos basados en procesos de extrusión (relación directa con la tecnología *FDM*), en chocolate, en lácteos, azúcar, helados y en la modificación de cualidades nutritivas, repitiéndose el liderazgo de los países antes mencionados pero apareciendo ahora la empresa StratasyS como una de las principales solicitantes.

Figura 18. Principales áreas tecnológicas por solicitantes líderes



Fuente: Thomson Innovation (Thomson Reuters).

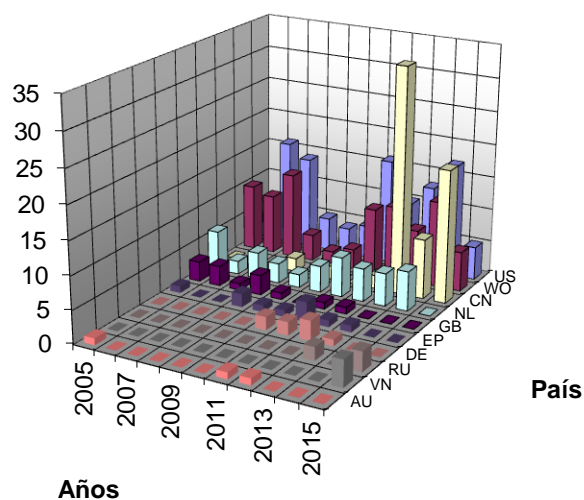
Estos solicitantes han venido trabajando en las siguientes áreas tecnológicas:

- **Productos a base de cacao** - (Harbin Paitena Biolog Science & Technology Dev Co LTD, Mars Inc, Rasmussen Ole-Bendt, Stork Titan BV y Stratasys Inc).
- **Tratamiento de la carne de las aves de corral o del pescado** - (Mars Inc y Stork Titan BV).
- **Alimentos y productos alimenticios o bebidas no alcohólicas** - (Mars Inc, Rasmussen Ole-Bendt y Stork Titan BV).
- **Conformación o tratamiento de productos alimenticios** - (Mars Inc, Rasmussen Ole-Bendt y Stork Titan BV).

3.2.7 Cantidad de registros de patentes por país y por año

En la figura 19 se observa una notoria expansión de la cantidad de las patentes chinas referidas a impresión 3D o manufactura aditiva en la industria de los alimentos en estos últimos 3 años.

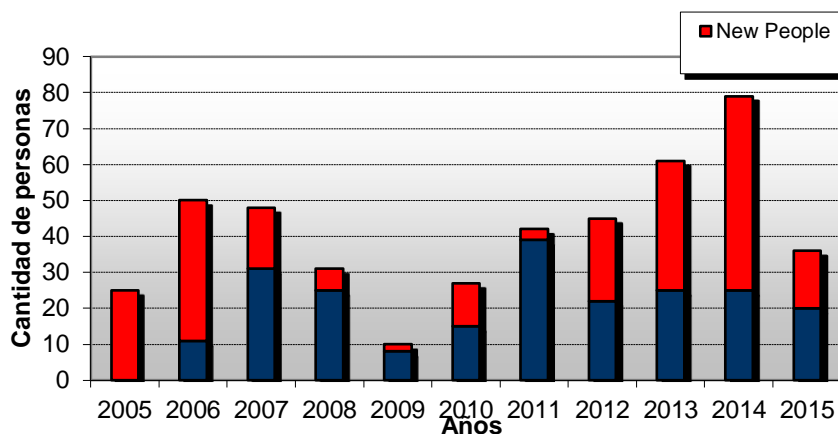
Figura 19. Países con mayor cantidad de registros de patentes por año



Fuente: Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

3.2.8 Cantidad de personas activas por año

Figura 20. Personas relacionadas con impresoras 3D existentes y nuevas recientes



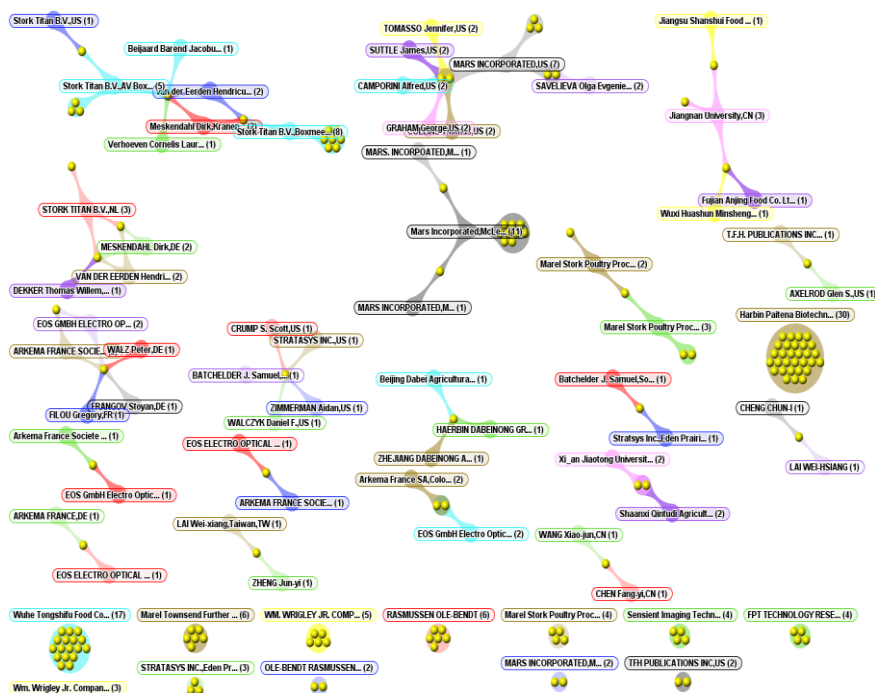
Fuente: Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

Las tecnologías de impresoras 3D están empezando a despertar cada vez más interés en la aplicación de la industria alimenticia, eso conlleva a un incremento del número de inventores año a año como también inventores que van permaneciendo en el tema (figura 20).

3.2.9 Interrelación entre organizaciones

A partir de los resultados encontrados en materia de documentos de patentes relacionados con tecnologías de impresión 3D para alimentos, se pudo ver una baja interrelación entre las distintas compañías líderes en estas tecnologías, lo que indica que se trata de innovaciones generadas más a nivel interno que externamente a las organizaciones.

Figura 21. Grado de articulación y colaboración entre organizaciones líderes

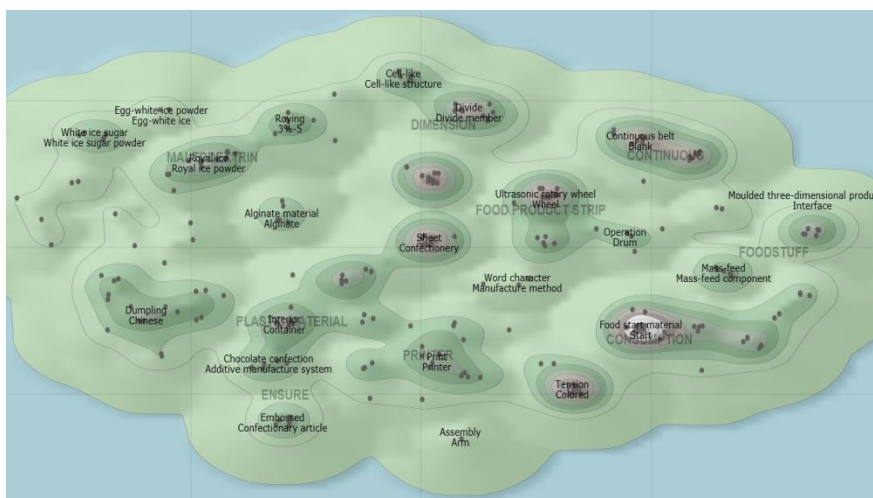


Fuente: Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

3.2.10 Mapa de tecnologías

En la figura 22 se puede visualizar a partir del análisis realizado sobre el corpus de documentos de patentes encontrado, el conjunto de palabras claves que han aparecido con mayor frecuencia relacionadas con el tema de estudio, donde se nota una gran concentración en todo lo relacionado con alimentos para consumo, productos de confitería y moldeado tridimensional de alimentos.

Figura 22. Mapa topográfico sobre las palabras con mayor frecuencia de aparición relacionadas con Impresoras 3D en alimentos



Fuente: Thomson Innovation (Thomson Reuters).

3.3 Búsqueda y análisis de información científica en impresoras 3D en la industria alimenticia

3.3.1 Análisis sobre las principales publicaciones científicas

En la tabla 2 se muestran las publicaciones científicas más relevantes en relación al tema del estudio, donde se analizan las aplicaciones de cada una:

Tabla 2. Principales publicaciones científicas en impresoras 3D

Nº	Título	Aplicación
1	3D-printed chip for detection of methicillin-resistant Staphylococcus aureus labeled with gold nanoparticles	Sensores
2	Efficacy of powder-based three-dimensional printing (3DP) technologies for rapid casting of light alloys	Insumos
3	Application-driven methodology for new additive manufacturing materials development	Insumos
4	Fabrication of 2D protein microstructures and 3D polymer-protein hybrid microstructures by two-photon polymerization	Insumos

5	3D Printing: Rapid Prototyping from Food to Food Packaging	Alimentos 3D
6	Additive manufacturing for the food industry	Alimentos 3D
7	Fabrication of 3D-networks of native starch and their application to produce porous inorganic oxide networks through a supercritical route	Insumos
8	Sucrose-based fabrication of 3D-networked, cylindrical microfluidic channels for rapid prototyping of lab-on-a-chip and vaso-mimetic devices	Insumos
9	Monolithic multilayer microfluidics via sacrificial molding of 3D-printed isomalt	Insumos
10	3D printing technique applied to rapid casting	Insumos
11	Fabrication and characterization of three-dimensional silk fibroin scaffolds using a mixture of salt/sucrose	Insumos
12	Fabrication of an artificial 3-dimensional vascular network using sacrificial sugar structures	Insumos
13	Desktop 3D printing of controlled release pharmaceutical bilayer tablets	Alimentos 3D
14	2020 tech: Eat a printed dinner in your printed home	Alimentos 3D
15	The many flavours of printing in 3D	Alimentos 3D

Fuente: elaboración propia en base a datos provenientes de Thomson Innovation (Thomson Reuters) y Grupo ARCOR S.A.

El ámbito de la investigación científica referida a la manufactura aditiva en la industria alimenticia, se puede relacionar a 3 temáticas particulares: los alimentos impresos per se, aplicaciones en sensores de contaminación en alimentos y la utilización y aplicación de insumos relacionados con los agroalimentos en campos y sectores tales como la metalmecánica, la medicina, la construcción y la industria farmacéutica, permitiendo en esta última encontrar nuevas formas de alimentos funcionales o nutracéuticos.

La aplicación de la tecnología 3D en sensores bacteriológicos que permitan detectar contaminaciones en alimentos, indica el impacto y lo transversal que está tecnología resulta ser en campos auxiliares de la industria alimenticia.

La utilización de insumos relacionados a la industria alimenticia, tal como el almidón, la azúcar, el isomalt y la sal mencionados en varias publicaciones, permiten inferir que los polímeros relacionados a fuentes naturales de obtención resultan de interés y que el uso en tecnologías de impresión 3D o manufactura aditiva permite facilitar los procesos de construcción de moldes, modelos, nuevos productos y nuevas aplicaciones.

La industria agroalimenticia debe tomar lo antedicho como una oportunidad de entender cómo sus insumos pueden ser aplicados a otros tipos de procesos, ampliando los mercados de comercialización. Notablemente esto deberá estar acompañado por proyectos de desarrollo específico que permitan adaptar los mismos, tal como se indica en otra de las publicaciones, con el objetivo de considerar las necesidades de este nuevo proceso de manufactura.

Como mayor desafío en el campo de la investigación científica y la aplicación de la tecnología de impresión 3D o manufactura aditiva se encuentra todo lo referido a alimentos manufacturados mediante esta nueva tecnología.

En el ámbito de la investigación científica, los siguientes puntos resultan de interés: aplicaciones referidas a la alimentación en viajes espaciales, la “customización masiva”, la demanda ágil y la complejidad geométrica (tanto como para reproducir alimentos actuales como para desarrollar nuevos alimentos, con nuevos sabores), nutrición personalizada, nuevos ingredientes y nuevas texturas.

Luego de lo anteriormente mencionado, se muestran a continuación los datos principales de cada una de las publicaciones científicas analizadas:

**Tabla 3. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	3D-printed chip for detection of methicillin-resistant Staphylococcus aureus labeled with gold nanoparticles
Autores	Chudobova, D; Cihalova, K; Skalickova, S; Zitka, J; Rodrigo, MAM; Milosavljevic, V; Hynek, D; Kopel, P; Vesely, R; Adam, V; Kizek, R
Instituciones	Mendel University Brno; Dept Chem & Biochem; Brno University of Technology; Cent European Inst Technol; Masaryk Univ; Masaryk University Brno; Fac Med; Dept Traumatol; Trauma Hosp Brno
País	EEUU
Link	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25069433

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Application-driven methodology for new additive manufacturing materials development
Autores	Olivier, D; Borros, S; Reyes, G
Instituciones	Inst Quim Sarria; Universitat Ramon Llull
País	England
Link	http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/RPJ-01-2012-0002

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 5. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	3D-printed chip for detection of methicillin-resistant Staphylococcus aureus labeled with gold nanoparticles
Autores	Chudobova, D; Cihalova, K; Skalickova, S; Zitka, J; Rodrigo, MAM; Milosavljevic, V; Hynek, D; Kopel, P; Vesely, R; Adam, V; Kizek, R
Instituciones	Mendel Univ Brno; Mendel University Brno; Dept Chem & Biochem; Brno Univ Technol; Brno University of Technology; Cent European Inst Technol; Masaryk Univ; Masaryk University Brno; Fac Med; Dept Traumatol; Trauma Hosp Brno
País	EEUU
Link	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25069433

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 6. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Fabrication of 2D protein microstructures and 3D polymer-protein hybrid microstructures by two-photon polymerization
Autores	Engelhardt, S; Hoch, E; Borchers, K; Meyer, W; Kruger, H; Tovar, GEM; Gillner, A
Instituciones	Rhein Westfal TH Aachen; RWTH Aachen University; Lehrstuhl Lasertech; Univ Stuttgart; University of Stuttgart; Inst Grenzflächenverfahrenstech; Fraunhofer Inst Grenzflächen & Bioverfahrenstech; Fraunhofer Gesellschaft; Fraunhofer Inst Angew Polymerforsch; Fraunhofer Inst Lasertech; Fraunhofer Gesellschaft
País	England
Link	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21562366

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	3D Printing: Rapid Prototyping from Food to Food Packaging
Autores	Brody, AL
Instituciones	Packaging Brody Inc; Univ Georgia; University System of Georgia; University of Georgia
País	EEUU
Link	S/D

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 8. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Additive manufacturing for the food industry
Autores	Lipton, JI; Cutler, M; Nigi, F; Cohen, D; Lipson, H
Instituciones	Cornell Univ; Cornell University; Cornell Creat Machines Lab
País	England
Link	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441500045X

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 9. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Fabrication of 3D-networks of native starch and their application to produce porous inorganic oxide networks through a supercritical route
Autores	Miao, ZJ; Ding, KL; Wu, TB; Liu, ZM; Han, BX; An, GM; Miao, SD; Yang, GY
Instituciones	Chinese Acad Sci; Chinese Academy of Sciences; Inst Chem; Ctr Mol Sci; Beijing Natl Lab Mol Sci
País	Netherlands
Link	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1387181107004222

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 10. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Sucrose-based fabrication of 3D-networked, cylindrical microfluidic channels for rapid prototyping of lab-on-a-chip and vaso-mimetic devices
Autores	Lee, J; Paek, J; Kim, J
Instituciones	Iowa State Univ; Iowa State University; Dept Elect & Comp Engr
País	England
Link	http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/lc/c2lc40267j#!divAbstract

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia

Título	Monolithic multilayer microfluidics via sacrificial molding of 3D-printed isomalt
Autores	Gelber, MK; Bhargava, R
Instituciones	Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Dept Bioengn; Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Beckman Inst Adv Sci & Technol; Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Dept Chem & Biomol Engn; Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Dept Mech Sci & Engn; Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Dept Comp Engn; Univ Illinois; University of Illinois System; University of Illinois Urbana-Champaign; Dept Chem
País	England
Link	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25671493

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 12. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	3D printing technique applied to rapid casting
Autores	Bassoli, E; Gatto, A; Iuliano, L; Violante, MG
Instituciones	Univ Modena; Universita di Modena e Reggio Emilia; Universita di Modena e Reggio Emilia; Dept Civil Engn & Mech; Politecn Torino; Polytechnic University of Turin; Polytechnic University of Turin; Dept Prod Syst & Business Econ
País	England
Link	http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13552540710750898

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Fabrication and characterization of three-dimensional silk fibroin scaffolds using a mixture of salt/sucrose
Autores	Moon, BM; Kim, DK; Park, HJ; Ju, HW; Lee, OJ; Kim, JH; Lee, JM; Lee, JS; Park, CH
Instituciones	Hallym Univ; Hallym University; Coll Med; Nanobio Regenerat Med Inst; Hallym Univ Coll Med; Chuncheon Sacred Heart Hosp; Dept Otorhinolaryngol Head & Neck Surg
País	Korea
Link	http://www.researchgate.net/publication/273192783_ Fabrication_and_characterization_of_three- dimensional_silk_fibroin_scaffolds_using_a_mixture_ of_saltsucrose

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 14. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Fabrication of an artificial 3-dimensional vascular network using sacrificial sugar structures
Autores	Bellan, LM; Singh, SP; Henderson, PW; Porri, TJ; Craighead, HG; Spector, JA
Instituciones	Cornell Univ; Cornell University; Nanobiotechnol Ctr; Cornell Univ; Cornell University; Weill Med Coll
País	ENGLAND
Link	http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2009/SM/b819905a#!divAbstract

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 15. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	Desktop 3D printing of controlled release pharmaceutical bilayer tablets
Autores	Khaled, SA; Burley, JC; Alexander, MR; Roberts, CJ
Instituciones	Univ Nottingham; University of Nottingham; Sch Pharm; Lab Biophys & Surface Anal; Univ Nottingham; University of Nottingham; Nottingham Nanotechnol & Nanosci Ctr
País	Netherlands
Link	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517313010144

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 16. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	2020 tech: Eat a printed dinner in your printed home
Autores	Bobbie Johnson
Instituciones	S/D
País	S/D
Link	https://www.newscientist.com/article/mg21028121-700-2020-vision-eat-a-printed-dinner-in-your-printed-home/

Fuente: elaboración propia.

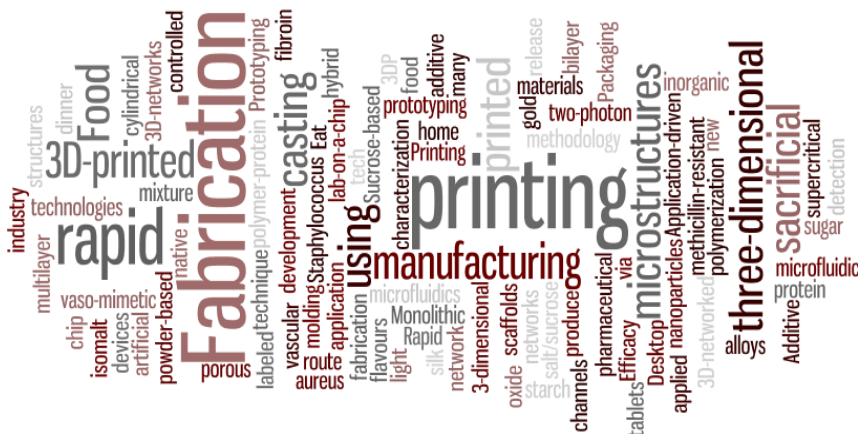
**Tabla 17. Publicación científica relacionada con impresoras 3D
para la industria alimenticia**

Título	The many flavours of printing in 3D
Autores	Paul Marks
Instituciones	S/D
País	S/D
Link	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262407911618186

Fuente: elaboración propia.

A partir de las publicaciones científicas identificadas como relevantes con respecto al tema objeto de estudio, en la figura siguiente se pueden observar las palabras que han aparecido con mayor frecuencia dentro del corpus de información procesada:

Figura 23. Palabras claves con mayor índice de frecuencia de aparición relacionadas con Impresoras 3D



Fuente: elaboración propia.

3.3.2 Principales países

Los países líderes en publicaciones científicas relacionadas con tecnologías de impresoras 3D para alimentos son Inglaterra, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Países Bajos y Korea (Figura 24):

Figura 24. Países líderes en producción científica en Impresoras 3D

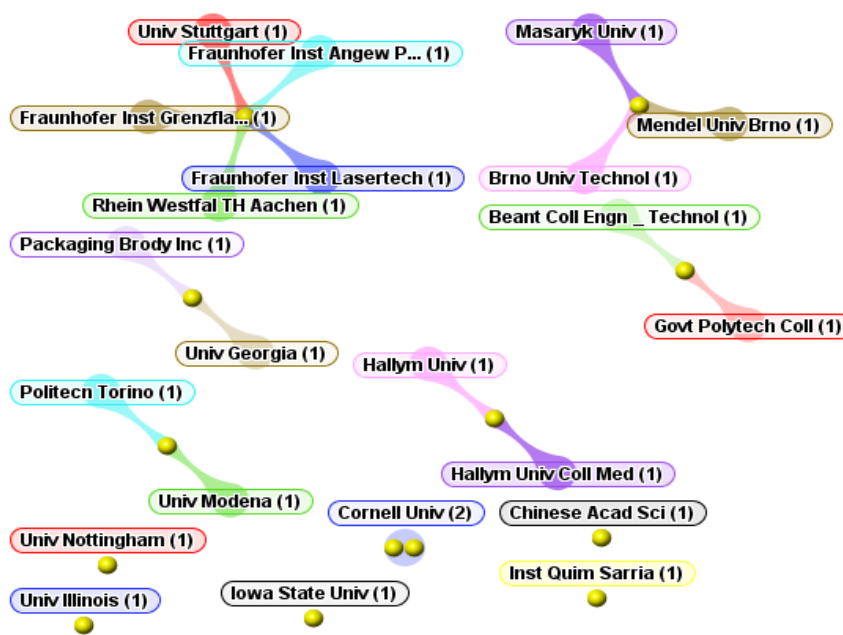


Fuente: elaboración propia.

3.3.3 Redes de colaboraciones entre instituciones

En la figura 25 se puede observar que existen pocos nodos de articulación entre distintas instituciones de investigación en tecnologías de impresoras 3D para alimentos, existiendo casos aislados de instituciones que investigan sin colaboración alguna de otra institución.

Figura 25. Interacciones entre instituciones relacionadas con impresoras 3D



Fuente: elaboración propia a partir de Thomson Data Analyzer (Thomson Reuters).

Tal como lo visto en patentes, la innovación y generación de conocimiento sobre impresión 3D o manufactura aditiva en alimentos, está siendo desarrollada con poca interrelación entre instituciones, dando a entender que la misma se identifica mayormente con un proceso cerrado más que con un concepto de innovación abierta o colaborativa.

3.4 Búsqueda y análisis de información a partir de otras fuentes de información sobre tecnologías de impresoras 3D, en la industria alimenticia

A la hora de mantenerse informado en términos de Vigilancia e Inteligencia del entorno, es aconsejable avanzar por sobre las tradicionales búsquedas de Patentes, Publicaciones Científicas y Artículos Técnicos que habitualmente han sido útiles en pos de la innovación. Para el desarrollo, gestión y desempeño de los negocios, investigaciones y proyectos surge la necesidad de contar con un paquete informativo completo que comprenda, además de lo mencionado en los capítulos anteriores, información sobre el mercado y la demanda tecnológica, sus exportaciones e importaciones, proyectos de I+D+i, normativa legal y técnica, financiamiento, noticias y eventos. Acceder e utilizar eficazmente esta información disponible requiere conocer las fuentes oficiales, con el fin de respaldar el trabajo con información válida, confiable y útil. A continuación se detallan novedades informativas surgidas en los últimos años respecto de la temática de este estudio, con el objetivo de contextualizar y mostrar la evolución de la misma:

NOTICIAS

JULIO 2007. Impresoras 3D crean bellas estructuras de azúcar

Las Impresoras 3D pueden imprimir con una gran variedad de materiales, incluso con azúcar. En Estados Unidos han adaptado la tecnología de las Impresoras 3D para producir objetos comestibles de alta calidad.

<http://impresora3dprinter.com/reposteria-2/2013/07/20/>

MARZO 2013. Nuevo Negocio - Producto stands

Fabcafé es una mezcla de cafetería y fablab de Shibuya, Tokio, del que ya les hablamos anteriormente cuando sacaron sus bombones de chocolate con tu cara impresa. Fue una idea bastante original que puso de manifiesto las grandes ideas que pueden surgir de la combinación de viejas y nuevas ideas, en ese caso, bombones, cafeterías, e impresión 3D. Como este, están surgiendo muchos negocios, a los que nosotros llamamos negocios 3D y de los que tenemos intención de ir informando de

los más interesantes. Como por ejemplo, golosinas 3D, gomitas Billiken. Pues bien, este mismo Fabcafé ofrece ahora la posibilidad de conseguir tus gominolas de vos mismo, es decir, golosinas 3D en lo que constituye una magnífica iniciativa y un claro ejemplo de negocio 3D viable.

<http://www.impresoras3d.com/fabcafe-golosinas-3d-imagen-escañeada/>

FEBRERO 2014. Nanotechnology is getting closer to 3D nanoprinting

Fabrication of three-dimensional (3D) objects through direct deposition of functional materials – also called additive manufacturing – has been a subject of intense study in the area of macroscale manufacturing for several decades. These 3D printing techniques are reaching a stage where desired products and structures can be made independent of the complexity of their shapes – even bioprinting tissue is now in the realm of the possible.

<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=34275.php>

FEBRERO 2014. Un nuevo negocio - Impresora 3D permitirá diseñar e imprimir tus golosinas

Imagina un mundo hecho con distintos tipos de golosinas, muy al estilo de la fábrica de Willy Wonka. Eso podrá ser realidad, gracias a una impresora 3D que te dejará con ganas de algo dulce.

<https://www.youtube.com/watch?v=854COkuNeyc>

MARZO 2014. Purdue students show how to innovate with soybeans

A group of Purdue University students who created a soy-based, renewable and recyclable filament for 3D printing won the top prize in the annual Student Soybean Product Innovation Contest.

<http://www.purdue.edu/newsroom/releases/2014/Q1/purdue-students-show-how-to-innovate-with-soybeans.html>

JUNIO 2014. Star Trek Inspires Nestle to Work on Personalized Nutrition Project

Nestle uses a Star Trek concept in order to produce healthy meals. Well, that is not the first thing you expected to read this day, but yes – it's true. Nestle, a brand we all know from their candy bars, Nespresso and hot chocolate now wants to take a stroll down health lane. The company got influenced by the Replicator, which was a

machine featured in Star Trek, able to synthesize meals on demand. Nestle now wants to create something similar: a Nespresso-ish machine that can create meals with the exact right amount of vitamin D and minerals.

<http://3dprinting.com/news/star-trek-inspires-nestle-work-personalized-nutrition-project/>

JUNIO 2014. Additive Chocolatiering? 3D Systems, Hershey Collaborate

When a mega-chocolate star like Hershey starts eyeing 3D printing as a production resource for its confectionery line, other majors in the category are soon to follow. What's that mean for the credibility of 3D printing foods in general?

http://www.roboticsbusinessreview.com/article/additive_chocolatiering_3d_systems_and_hershey_collaborate

JULIO 2014. Industrial 3D chocolate printing due in 3-5 years, says Choc Edge

Industrial-scale 3D chocolate printers will be on the market within five years, according to 3D printing firm Choc Edge.

http://www.foodproductiondaily.com/Processing/3D-chocolate-printing-to-go-industrial-Choc-edge?utm_source=RSS_text_news&utm_medium=RSS%2Bfeed&utm_campaign=RSS%2BText%2BNews

AGOSTO 2014. 3D printing offers nutrition on the front lines

The United States Army has made strides in technology that it hopes will one day allow soldiers to print food with custom ingredients and nutrients, Grub Street reported. The printers use "ultrasonic agglomeration," whereby ultrasonic waves melt and morphs ingredients to the food soldiers seek.

<http://www.cnn.com/id/101902412>

AGOSTO 2014. The F3D 3D printer doesn't just print pizza, but also cooks it in less than 20 minutes

Producing actual edible and long-lasting food is still one of the greatest challenges in the world of 3D printing, even though that technology has fascinated scientists since the replicator was first featured in Star Trek. Some excellent initiatives have been made, but the various ingredients and the cooking phase still remain difficult hurdles

for engineers to overcome. Finally, to make a 3D food printer commercially viable, the printed meals need to be at least somewhat tasty and recognizable to the public.

<http://www.3ders.org/articles/20140829-f3d-3d-printer-makes-pizza-in-less-than-20-minutes.html>

OCTUBRE 2014. The Edible Growth project: a study into sustainable, healthy 3D printed food

All this makes the Edible Growth project, by the young but very talented Dutch industrial designer Chloé Rutzerveld, extremely interesting. Throughout 2014, she worked on a 3D food printing project that turned all questions and assumptions upside down.

<http://www.3ders.org/articles/20141006-the-edible-growth-project-a-study-into-sustainable-healthy-3d-printed-food.html>

OCTUBRE 2014. Edible Growth Puts the Fun in 3D Printed Fungus Food

Dutch designer Chloé Rutzerveld has created the Edible Growth project that uses a modified desktop 3D printer to print healthy and completely self-contained little bite size morsels of food made from multiple ingredients and even has living edible plants growing from them.

<http://3dprintingindustry.com/2014/10/11/edible-growth-puts-fun-3d-printed-fungus-food/>

NOVIEMBRE 2014. Go bananas with 3D printed food

Food printing can be considered as the holy grail of 3D printing, and it's hardly surprising that so many companies and start-ups are looking at different possibilities and 'food filaments'. Just imagine that your machine could become the new microwave and find its way to just about every kitchen in the planet.

<http://www.3ders.org/articles/20141121-go-bananas-with-3d-printed-food.html>

ENERO 2015. XYZPrinting shows off their \$500 3D Food Printer at CES 2015 in Las Vegas

Many consider food printing to be the holy grail of 3D printing technology. After all, its potential market consists of every kitchen with a microwave, and not just the garages of tinkerers and hobbyists. It's therefore hardly surprising that so many companies and start-ups are looking at different possibilities and "food filaments".

<http://www.3ders.org/articles/20150106-xyzprinting-shows-off-their-3d-food-printer-at-ces-2015-in-las-vegas.html>

ENERO 2015. Natural News launches 3D print farm to produce food self-reliance inventions

Natural News, a natural health and self-reliance website based outside of Austin, Texas, has announced today that they will have a 3D printer farm up and running soon in the Lone Star state in the southern USA.

<http://www.3ders.org/articles/20150123-natural-news-launches-3d-print-farm-to-produce-food-self-reliance-inventions.html>

FEBRERO 2015. 3D Printed colored hummus mixes additive manufacturing with gastronomy

Although we've been seeing an increase in options for using additive manufacturing for various culinary creations, the majority of edible materials has been somewhat limited due to the consistencies needed to effectively extrude the food. Obviously, this means that the food needs to be in some way or another in a semi-liquid state in order to be extruded similar to how a baker might use a pipette to decorate a cake with frosting.

<http://www.3ders.org/articles/20150218-3d-printed-colored-hummus-mixes-additive-manufacturing-with-gastronomy.html>

FEBRERO 2015. StuffHub teams with candymaker to create custom lollipops with help of 3D printing

As more 3D printing enthusiasts learn how to create their own 3D models (rather than simply downloading already-made models), the rise of 3D printing-based marketplaces have also been growing steadily. No longer are makers confined to just monetizing their designs on original platforms such as Shapeways - new methods of

selling goods including the recently-announced Retail Renderables from Amazon have opened the doors for different types of markets and those ultimately wanting to sell prints based off of their 3D models. Among the more recent companies to enter the landscape is San Francisco-based StuffHub.

<http://www.3ders.org/articles/20150220-stuffhub-teams-with-candymaker-to-create-custom-lollipops-with-help-of-3d-printing.html>

MARZO 2015. New business - 3D Printed Airplane Food: Tomorrow's Airline Meals?

Airplane food is not considered the tastiest food in the world. Quite obviously, airplanes don't have enough space for a kitchen. Because of that, cooks prepare the meals in their kitchens on the ground, before they are being brought to the plane. The consequence of that is that these meals are never 'really' fresh. A group of design students at the Indian Institute of technology, Guwahati, wants to change that with the use of 3D food printing technology.

<http://3dprinting.com/materials/edibles-food/>

MARZO 2015. Nuevo Negocio Candy, The First Confectionery Focused Food 3D Printer

3D Ventures is a London-based early stage startup that focuses on building revolutionary 3D printers for home users. Our mission is to make food 3D printing truly accessible to a wide range of consumers, as well as food industry professionals. Our first product is Candy, a printer that helps consumers decorate cakes, make cookies, print bespoke chocolates and many more.

<http://3dventures.co/>

MARZO 2015. The snack that GROWS itself! 3D-printed food embedded with yeast, mushrooms, edible soil and sprouts makes its own filling... but would you eat it?

The Edible Growth project brainchild food designer Chloé Rutzerveld. High-tech but fully natural food combines nature, science and technology. Similar to maturing of cheese, flavours will intensify in three to five days

<http://www.dailymail.co.uk/femail/food/article-2975350/3D-printed-food-embedded-yeast-mushrooms-edible-soil-sprouts-makes-filling.html>

MARZO 2015. Tech turns tasty with printed pancakes

The technology surrounding 3D-printing has been used to produce many products: chess pieces and designer couture, houses and cars. But never anything delicious. Until now. Meet the PancakeBot: the world's first pancake printer that allows you to design your own pancakes, print them in different colors and then eat them when they're freshly cooked.

<http://www.cnn.com/id/102541019>

ABRIL 2015. Army drones to deliver 3D printed pizzas to soldier outposts in 30 minutes or less

Although mailed 'care packages' have been a go-to method for delivering food and gifts to those in the military who are stationed overseas, the soldiers may soon be able to order their own customized pizzas that are delivered by drones thanks to additive manufacturing technologies in the very near future.

<http://www.3ders.org/articles/20150401-army-drones-to-deliver-3d-printed-pizzas-to-soldier-outposts-in-30-minutes-or-less.html>

ABRIL 2015. Italian Designer Proposes Food Waste as 3D Printing Stock

One of the greatest, increasingly tapped, potentials of 3D printing is the ability to recycle waste into new objects. And, though there exist projects and products that take advantage of milk jugs, water bottles, car parts, and old prints as 3D printing materials, there's still plenty of room for sustainability in the world of 3D printing and Italy-based designer Marina Ceccolini proposes another sustainable source for 3D printer feedstock in food waste.

<http://3dprintingindustry.com/2015/04/01/italian-designer-proposes-food-waste-as-3d-printing-stock/>

ABRIL 2015. Print2Taste Emerges with the Bocusini Food 3D Printer

The field of food 3D printing is only just beginning, but, with its potential to create personally-tailored dishes for eaters, both in terms of nutrients and taste, could yield a completely different way of eating in the future. Though the details are still sketchy, a new German company has emerged onto the food printing scene with a system for 3D printing a wide variety of foods.

<http://3dprintingindustry.com/2015/04/24/print2taste-emerges-with-the-bocusini-food-3d-printer/>

ABRIL 2015. The Bocusini is the first universal Plug & Play food 3D printer, soon on Kickstarter

When it comes to food-based additive manufacturing, the niche-specific form of 3D printing hasn't taken off as much as some previously thought it would. Sure, the ability to transform a CAD model into something edible has its charms and appeal, but more often than not, these machines aren't necessarily in a price range that would seem feasible for most home chefs - and even some commercial restaurant chefs. Even if a restaurant did decide to purchase a 3D printer for creating various edible objects, the designs themselves would be limited to a layer-by-layer, low resolution model similar to a what is seen on existing *FDM* 3D printers.

<http://www.3ders.org/articles/20150424-the-bocusini-is-the-first-universal-plug-play-food-3d-printer-soon-on-kickstarter.html>

ABRIL 2015. Students develop 3D-printed self-sustaining micro-farming pod AstroGro for cultivating food in space

3D printing is going to space. There seems to be no doubt about it. More and more aerospace industries have been incorporating 3D printing technology into its prototyping and manufacturing processes over the past few years, while the added value of having a 3D printer in a space station is now being readily recognized. And as a group of Caltech students behind the AstroGro have proven with their entry into the Print Your Own Space Food challenge, part of the International Space App Challenge, 3D printers can even be used to sustain human life in space.

<http://www.3ders.org/articles/20150422-students-develop-3d-printed-self-sustaining-micro-farming-pod-astrogro-for-cultivating-food-in-space.html>

MAYO 2015. Update: Bocusini Plug & Play Food 3D Printer Now Cooking on Kickstarter

With a clock counting down the time until their Kickstarter launches (currently set at 19 hours to go), Print2Taste has already launched the site for their Bocusini food 3D printer. We covered the Bocusini just a couple of weeks ago, foreshadowing the impending crowdfunding campaign, and, now that the food printer's site is live, 3DPI has been given access to the Kickstarter ahead of time (though some details may change) so that we can provide you with all of the details of what looks to be a pretty delicious food printer (and more).

<http://3dprintingindustry.com/2015/05/12/bocusini-plug-play-food-3d-printer-to-heat-up-kickstarter-tomorrow/>

MAYO 2015. Chocolate created by the upcoming Choctory 3D printer showcased at Bakery China 2015

There were lots of delicious chocolate creations to be seen at the Bakery China, the 18th annual international bakery exhibition in Shanghai. This is global event that brings companies and manufacturers into contact with the latest trends and innovations in the world baking, as well as with thousands of visitors. This year, over 80,000 professionals flocked to the exhibition. But for us 3D printing fanatics, the most exciting thing on display was surely the chocolate creations made with the upcoming Choctory 3D printer.

<http://www.3ders.org/articles/20150514-chocolate-created-by-the-upcoming-choctory-3d-printer-showcased-at-bakery-china-2015.html>

MAYO 2015. 3D Printed Edible Honey

In February 2015, 3dChef began a project with Katrin Spranger, A london based conceptual jewellery designer/artist for her up coming exposition at Collect Open 2015. Katrin turned to 3dChef asking a question of a different material other than sugar that can tell her story and be eaten.

<https://3dchefblog.wordpress.com/2015/05/18/3d-printed-edible-honey/>

MAYO 2015. Food Glorious 3D Food

The top restaurants from all over the globe could soon be creating favourite dishes using 3D Printing. Chef Mateo Blanch from La Boscana restaurant in Lleida, Spain

spoke at the 3D Printshow 2015 in London. "I am using the 3D printer in my restaurant and I like to use it in front of customers so that they can participate and see how I am making their food, and I've had really good feedback from my customers,"

<https://www.the3dprintingassociation.com/news/post/food-glorious-3d-food>

JULIO 2015. Biozoon Smoothfood – The First Cheap 3D Printed Food

Go to the cafeteria of a nursing home and you'll see elderly residents noshing on pureed food. It's necessary for patients for whom chewing is difficult, but it's not very palatable. A German company is seeking to change that by making 3D-printed, easy-to-chew food that actually tastes good.

<http://homeshop3dprinting.com/technology-and-materials/food/biozoon-smoothfood-the-first-cheap-3d-printed-food/>

ALIANZAS ESTRATÉGICAS

DICIEMBRE 2013. Deutscher Technologiedienst es la búsqueda de expertos en fabricación aditiva y/o impresión en 3D de la Alimentación

On behalf of a client, the Deutscher Technologiedienst is looking for research institutions/experts to cooperate/collaborate on research and evaluation of potentials incl. execution of feasibility studies in the fields of: A) "Additive Manufacturing, 3D Printing – evaluation and identification of potentials in design of components and products taking into account the advantages of additive layer manufacturing techniques focusing on polymer applications". B) "3D Food Printing – evaluation of potentials of additive processing / manufacturing of foodstuffs and meals".

<http://riccentre.ca/2013/12/expert-search-additive-manufacturing-3dprinting-food/>

MARZO 2015. Pieter Debrauwer, TNO presents: “Performance: personalised food for nutrition of elderly”

Pieter Debrauwer, Project Manager at TNO, presents during the 3D Food Printing Conference: “Performance: Personalised Food using 3D printing for the nutrition of elderly consumers”.

<http://3dfoodprintingconference.com/3d-food-printing-conference/pieter-debrauwer-tno-presents-performance-personalised-food-for-nutrition-of-elderly/>

JUNIO 2015. AviReichental | TED Speaker

At 3D Systems, AviReichental is helping to imagine a future where 3D scanning-and-printing is an everyday act, and food, clothing, objects are routinely output at home.

http://www.ted.com/speakers/avi_reichental

PROYECTOS

2011. 3D printing closer to commercial reality. 3D chocolate heaven.

3D printing technology that can create full-scale consumer products – even in chocolate – is one step closer to commercial reality thanks to research sponsored by the Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)

<http://www.epsrc.ac.uk/files/newsevents/publications/case-studies/2011/3d-printing-closer-to-commercial-reality-3d-chocolate-heaven/>

2012. Proyecto Convenio Marco UE: PERFORMANCE

The main idea of the PERFORMANCE project is to develop and validate a holistic, personalized food supply chain for frail elderly in nursing homes, ambient assisted living facilities or at home (served by nursing services). The supply “chain” in this case will resemble a loop with the elderly consumers forming the initial link (personal preference and needs) and final link (consumption). As a result PERFORMANCE project, an overall concept will be available which allows the automatic manufacturing and supply of personalized, specially textured food for frail elderly.

<http://www.performance-fp7.eu/>

FINANCIAMIENTO

JUNIO 2014 (Argentina). Argentina abre convocatoria para proyectos relacionados con impresión 3D

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina, a través de la Secretaría de Planeamiento y Políticas convoca a la presentación de Proyectos de Innovación, Desarrollo y Adopción de la Tecnología de impresión 3D a ser financiados durante 2014. La convocatoria está dirigida a financiar proyectos orientados al desarrollo de propuestas innovadoras en el campo de la impresión 3D. Comprende proyectos de investigación y desarrollo en *hardware*, materiales de impresión 3D, *software* y servicios complementarios, a los efectos de generar mejoras sustantivas en la oferta local vinculada a esta tecnología.

<http://i3drevista.com/argentina-convocatoria-impresion3d/>

EVENTOS

3D PRINTING INDUSTRY

ABRIL 2015. *3D Food Printing Conference*

http://inside3dprinting.com/santa-clara/2015/?utm_source=3dpi&utm_medium=banner&utm_campaign=3dpibannerhomepage3dsc

DEMO

ABRIL 2015. Demo Traction

<http://www.demo.com/ehome/index.php?eventid=29414&>



ABRIL 2015. The future of 3D Food Printing for professionals and consumers

<http://3dfoodprintingconference.com/>



Additive Manufacturing
and 3D Printing
International Conference

JULIO 2015. International Conference on Additive Manufacturing & 3D Printing

<http://www.3dp-research.com/News-Events/am-conference-registration-now-open>



OCTUBRE 2015. Strategies for the third industrial revolution

<http://inside3dprinting.com/>



FEBRERO 2016. ISM. TheFuture of Sweets& Snacks - Feria de Golosinas y Confitería

<http://www.imprimalia3d.com/eventosimpresion3d/ism-future-sweets-snacks-feria-golosinas-confiter-colonia-2015>

LEGISLACIONES y NORMAS TÉCNICAS

JULIO 2014. Golosina de la empresa Roccat: el Nyth. Makerbot: impresoras 3D populares en medio de denuncias de apropiación del trabajo colectivo

El camino que están tomando algunas compañías que fabrican impresoras 3D está provocando polémica, pelea y denuncias en este pequeño sector. Lo hemos podido comprobar con la presentación de la nueva línea de impresoras 3D de Makerbot que ya comercializa en España Ultra-lab, a un precio que empieza a acercarse al de las

primeras unidades autoreplicantes que crearon las comunidades de desarrolladores durante los últimos años.

http://www.eldiario.es/turing/propiedad_intelectual/precio-estandarizacion-impresoras_0_277872317.html

3.4.1 Análisis y reflexión de otras fuentes de información a nivel mundial

La adopción generalizada de la impresión 3D puede estar más cerca de lo esperado.

La investigación reciente de Gartner anteriormente citada, afirma que la impresión 3D sigue estando a por lo menos cinco años de desarrollo para que la misma pueda ser adoptada por el consumidor. El uso mayor y más veloz será para las aplicaciones de negocios y médicas que tienen casos de uso más atractivos en el corto plazo.

La realidad es que ya se está empezando a observar que las empresas, tanto grandes como pequeñas, están adoptando la impresión 3D para crear diseños personalizados o seguir planos. El verdadero atractivo reside en una rápida creación de prototipos y el aumento de la accesibilidad.

La impresión 3D realmente permite a las empresas darle vida a sus ideas de una forma cómoda e inmediata. Las empresas manufactureras pueden ir directamente desde el diseño hasta la fabricación.

Los beneficios adicionales de las impresoras 3D en los negocios son los bajos costos de prototipos y las opciones de embalaje más creativas y personalizadas. Con la tecnología rápidamente mejorando para incluir más características al mismo tiempo y cada vez más asequibles, las impresoras 3D resultan progresivamente más accesibles en pos de la adopción generalizada. Para los empresarios y propietarios de pequeñas empresas, también se está empezando a definir la fabricación moderna y cómo las empresas van a desenvolverse en el futuro.

Según un estudio reciente llevado a cabo por la compañía Robox, los consumidores serían tres veces más propensos a inventar y crear prototipos de nuevos productos o tecnologías si tuvieran una impresora 3D en casa. La realidad es que los empresarios

y las pequeñas nuevas empresas ahora pueden crear un negocio legítimo desde sus hogares con una impresora 3D.

En las noticias referidas a alianzas estratégicas, proyectos, fuentes de financiamiento, eventos, legislación y normas técnicas, detectadas en otras fuentes de información, se puede observar que la impresión 3D, el emprendedorismo y la industria de los alimentos no es ajena a lo que pasa en otras industrias donde la impresión 3D tiene un mayor grado de avance y adopción.

El emprendedorismo es el que está haciendo avanzar a pasos agigantados al desarrollo de esta tecnología para la impresión de alimentos.

Se puede observar el interés y ejecución de proyectos para el desarrollo de materiales alimenticios de impresión, basados en chocolate, azúcar, soja, hongos, hummus, miel, pizza, panqueques, snacks, galletas, donde además del desarrollo de los materiales alimenticios de impresión, se ofrecen las impresoras capaces de utilizar estos materiales para transformarlos en alimentos, en su mayoría listos para “cocinar”, aunque también se observa algunos proyectos que ofrecen la posibilidad de alimentos con procesamiento térmico para aquellos que lo requieren.

El campo de aplicación de la impresión 3D en los alimentos es muy amplio, se puede aplicar en el diseño, en la decoración, para la producción de bajo volumen, para el prototipado, para la impresión de moldes y matrices, para la personalización masiva, para la nutrición personalizada y para muchas aplicaciones más, tales como impresión de alimentos en los vuelos comerciales.

La impresión 3D parece tener un auge muy interesante, la idea básica de poder imprimir lo que se necesite es, sin duda, la mejor premisa que un avance tecnológico pueda tener. Hoy en día existen proyectos que buscan hacer accesibles para todos las impresoras 3D. Presente en muchas áreas, la impresión 3D puede ser la herramienta del futuro. Qué decir si se trata de comida, lo básico para todo ser vivo. Esto no deja de impactar, los avances en este sentido son de prestar atención, tal vez estemos frente a una alternativa viable para más ámbitos en los que esta tecnología facilite las cosas.

Algunos de los interesados en esta tecnología que están empezando a aparecer con proyectos son la NASA, el ejército de los Estados Unidos, Aerolíneas comerciales, empresas alimenticias multinacionales como lo es Nestlé y Hershey's, así como también micro-emprendimientos muy publicitados como lo son BOCUSINI y FOODINI, cuyo auge se debe a portales de crowdsourcing.

La Unión Europea también se muestra interesada financiando el proyecto PERFORMACE, cuyo objetivo es la nutrición personalizada para adultos mayores donde participan importantes centros de investigación de Europa como lo es TNO de Holanda.

En Argentina, el desarrollo de impresión 3D es muy similar a lo que se releva a nivel mundial y tanto el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva como el Ministerio de Industria, están apoyando a las iniciativas que se presenten referidos a esta tecnología.

Aún no hay en Argentina proyectos o emprendimientos referidos a la impresión 3D específica de alimentos.

¿Quién puede asegurar hoy que dentro de 50 años no habrá una impresora en todas las cocinas domésticas y que además preparará un alimento en 3D?: Nadie. Cuando la gente comenzó a comer chocolate en Europa era algo "snob" y sofisticado. Lo mismo ocurre cuando la gente comenzó a utilizar la "minipimer". Las cosas que son importantes y que nos benefician a todos tienen salida en el mercado, es por eso que si la impresión 3D hace evolucionar, mejorar el producto y ayuda a ser más precisos, la misma será adoptada rápidamente por la sociedad.

4. PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES

Sin lugar a dudas, el desarrollo global de la impresión 3D y la fabricación aditiva, comienzan a marcar el camino de nuevos paradigmas en procesos de desarrollo regional y estratégico, económicos, nuevas maneras de hacer, producir, comunicarse, y hasta de pensar los productos y servicios de consumo como tales.

La Argentina como país, y la industria alimenticia en particular, no puede ser ajena al desarrollo de esta tecnología. Tener el foco puesto en este tipo de tecnologías y ponderar su desarrollo permitirá sin lugar a dudas tener capacidades instaladas para ser más competitivos, generar soluciones cada vez más innovadoras que permitan diferenciarse en mercados específicos, pero por sobre todo permitirá comenzar a ser protagonistas de un fenómeno mundial.

En este sentido, es prometedor que ya existan acciones desarrolladas por diferentes organismos y ministerios del estado que no pueden pasarse por alto ya que no solo difunden y sensibilizan sobre la tecnología, sus aplicaciones y bondades, sino que también acompañan en la formación y capacitación de recursos humanos para su uso y adopción. Entre ellas se destaca lo hecho desde el propio Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, mediante la Secretaría de Planeamiento y Políticas, que ha impulsado desde el año 2013, diversas iniciativas destinadas a apoyar y difundir la producción y el uso de este conjunto de tecnologías, el desarrollo de materiales, la introducción de innovaciones en *hardware* y *software*, así como la creación de nuevos servicios complementarios, que a priori plantean importantes desafíos científicos y tecnológicos. Se destacan también las acciones de difusión, aplicación y fomento realizadas por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) mediante su Centro de Diseño Industrial desde ya hace algunos años; además del enfoque dado por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación (MTESS), mediante el fomento de la capacitación de trabajadores en el uso de esta nueva tecnología en Centros de Formación Profesional de Sindicatos y Cámaras Empresarias.

Asimismo, y como ya pudimos observar en este informe, este ecosistema complejo de la “impresión 3D” y la “fabricación aditiva”, aplicada y desarrollada específicamente a la industria de los alimentos, plantea algunas señales claras y marcadas para países como Argentina que son reconocidos a nivel mundial por, entre otras cosas, la producción de alimentos provenientes del agro. Entendemos que estos factores no pueden ignorarse ya que representan fielmente el “estado del arte” actual para su adopción, desafíos a futuro y el aprovechamiento de nuevas oportunidades de manera estratégica.

Volumen y velocidad de fabricación

Muchas veces cuando se habla de fabricación aditiva se menciona a la Industria aeroespacial y la aviación como las industrias ideales a donde este tipo de procesos pueden ser claves para disminuir costos y cantidad de material usado, eficientizar procesos y elevar la complejidad funcional de los componentes, entre otros beneficios. Este hecho se da debido a la particularidad que infieren este conjunto de tecnologías para crear una sola unidad o una baja serie, sin tener que desarrollar moldes o herramental. Sin lugar a dudas, la Industria aeroespacial y la aviación manejan tiempos de fabricación y de salida al mercado muy singulares como así también el número de productos que comercializan al año en comparación a industrias completamente masivas como la industria alimenticia que tiene como destinatarios finales más de 7.000 millones de personas en el mundo todos los días del año.

Esta masividad de la industria alimenticia ha hecho que la impresión 3D y los procesos de fabricación aditiva solo se usen comúnmente para el desarrollo de nuevos productos (prototipos), fabricación de herramientas productivas o repuestos entre otros. La aplicación de este grupo tecnológico como un proceso de manufactura más dentro de esta industria se encuentra en actual desarrollo y crecimiento. Para lograr esto, se plantea como un desafío a futuro, lograr ciclos de producción más cortos o la necesidad de prescindir de post-procesos como comúnmente se necesitan para las piezas producidas por estos procesos (Eliminar Soportes de construcción o mejoras de terminación, por ejemplo).

El consumo masivo versus la customización masiva

Si bien la masividad es una de las características de la Industria Alimenticia hoy en día; la relación de ésta industria con los procesos de impresión 3D y fabricación aditiva plantea un contexto donde la personalización de productos y alimentos puede ser planteada sin problemas. Gracias a estas tecnologías, acceder a comidas adaptadas específicamente a cada persona, utilizando sus datos fisiológicos históricos, sus necesidades nutricionales o sus gustos, ya no serán una visión del futuro sino que podrá ser realidad.

De esta manera, mercados nicho pueden ser atendidos y es posible manejar esquemas de producción más flexibles y condicionados por las respuestas del mercado.

El emprendedorismo en el sector de la impresión 3D

Desde el año 2005 en donde se lanza el proyecto REPRAP (posterior al vencimiento de algunas patentes del proceso de *FDM*), el conocimiento vinculado al campo de la tecnología de impresión 3D comienza a difundirse y democratizarse generando un gran impacto en la manera en la que esta información es manejada por los usuarios y sus aplicaciones. Aparecen nuevas comunidades de usuarios y entusiastas de la impresión 3D que hacen que se desarrolle constantemente nuevas soluciones y aplicaciones, las cuales son volcadas de manera abierta al seno de estas comunidades para su uso.

Esta particularidad, hace que surja constantemente y a un ritmo de crecimiento vertiginoso nuevos emprendimientos y equipos de fabricación enfocados en la industria alimentaria.

Conocimiento abierto (Open Source) vs patentamiento (Marco Legal)

Actualmente, este escenario de desarrollo constante, propiciado por el emprendedorismo y el vencimiento de patentes claves, hace que sean necesarias nuevas regulaciones en materia de propiedad intelectual no solo para la protección de investigadores y empresas; equipos, materiales, *software* y aplicaciones; sino también para la protección y resguardo de los usuarios y consumidores. Cabe

destacar que si bien los emprendedores que conocen las tecnologías aditivas y sus principios de funcionamiento mecánico, electrónico y *software*; desconocen la complejidad de los procesos productivos que actualmente tiene la industria alimenticia, el tratamiento de las materias primas y sus normativas de seguridad vigentes.

Por otro lado, esta proliferación de comunidades de usuarios y repositorios gratuitos de archivos digitales y modelos informáticos de lo que se desea imprimir y fabricar hace necesario que se tengan en cuenta nuevas nociones y paradigmas de lo que hoy conocemos como responsabilidad social empresaria, de seguridad alimentaria y de producto, manejo de información y el valor de los mismos. Aspectos que sin duda hacen que surgen interrogantes sobre ¿Quiénes son los verdaderos autores de lo que puedo fabricar?, ¿es seguro ingerir determinado producto impreso?, ¿la proliferación de copias es posible o no?; ¿diseño colaborativo?; ¿copyright o copyleft?; etc.

Aplicación de materias primas convencionales de la industria alimenticia en otros campos. Nuevos insumos alimenticios

Tal como pudimos observar en los resultados de las publicaciones Científicas, a nivel mundial se están utilizando cada vez más insumos y materias primas propias de la Industria alimenticia en otros campos de aplicación no convencionales. Esta tendencia permitirá que estos insumos y la propia industria alimenticia tengan un rol clave para el desarrollo constante de la impresión 3D. La ingeniería de tejido, y la industria farmacéutica, entre otras industrias posibles, se avizoran como nuevos mercados y nichos.

Esto plantea sin dudas un sinfín de nuevas aplicaciones disponibles para desarrollar por medio de alianzas estratégicas a donde las acciones de I+D+i cobran vital importancia.

Por otro lado, la creación de materias primas alimenticias que permitan su uso en procesos de fabricación aditiva, manteniendo sus propiedades nutricionales, organolépticas y de conservación, representa otro desafío sobre el cual trabajar a donde nuestro país y sus industrias pueden tener un rol preponderante.

Desarrollo de software y recursos digitales para masificación de su uso en la industria alimenticia por parte de los consumidores finales

Estas tecnologías como vimos, se inscriben en un contexto en el cual es necesario contar con un flujo digital de información por lo que es indispensable contar con archivos digitales y modelos informáticos de lo que se desea imprimir y fabricar. Esto representa una gran barrera de entrada para lograr la masificación del uso en consumidores finales ya que el conocimiento que se necesita actualmente posee mucho rigor técnico. Si bien la información para cada archivo puede ser generado por el propio usuario, también estos pueden ser descargados de repositorios digitales y librerías digitales, además de ser capturada y digitalizada por medio de Escáneres 3D. No solo la generación de este archivo puede ser un problema sino también su modificación posterior o el control de los dispositivos de impresión por lo que el desarrollo del *software* específico, más amigable y fácil de interpretar y usar, cobra una vital importancia para el desarrollo y difusión de la impresión 3D por parte de los consumidores finales.

Nuevos recursos humanos

El propio flujo de información digital necesario para la fabricación o producción por medio de la manufactura aditiva; como así también, la particularidad de los tipos de materiales, los conceptos propios de estas tecnologías necesarios para la operación de equipos, la creación de nuevos productos según nuevos condicionantes y características constructivas, etc. da lugar a la necesidad de contar uno nuevo perfil de Recurso Humano más específico y consecuente que permita el desarrollo correcto de este ecosistema dentro de una determinada cadena de valor. Por ello es que se comienza a ver que son necesarias de implementar nuevas estrategias pedagógicas como así también la incorporación de este tipo de conceptos en la formación profesional de perfiles técnicos. Como lo fue primero con la Computadora y posteriormente con Internet, la impresión 3D y la fabricación aditiva de a poco deben comenzar a buscar su lugar en la educación formal y profesional ya que sin este perfil, la articulación, la adopción y el avance consciente en el tiempo se vuelven improbables.

Nuevos modelos de negocio

Sin lugar a dudas con estas tecnologías vinculadas a la industria Alimentaria, surgen nuevas oportunidades y nuevos modelos de negocio posibles, cada vez más innovadores debido a las demandas que el contexto, en constante desarrollo, impone. Este conjunto tecnológico permitirá, sin lugar a dudas, hacer foco en nichos de consumidores muy específicos y satisfacer sus necesidades que antes por las escalas necesarias se dejaban de lado. Esta flexibilidad productiva que la fabricación aditiva aporta, repercutirá en el manejo de los Stock de manera más sustentable centrada en la demanda específica en tiempo y forma; la logística es un factor que ya no incidirá tanto en el costo final del producto ya que la fabricación del mismo podrá realizarse tan cerca del consumidor como en su propia casa.

Seguridad alimentaria

Al ser los alimentos productos que posee relación directa con los Seres Humanos, su cuerpo y su salud, es importante que el desarrollo de la impresión 3D y de la fabricación aditiva en este campo, sea centrado y basado en aspectos bromatológicos, de seguridad alimentaria y Buenas Prácticas de Manufactura que permitan desde un primer momento ser certificados por organismos de control nacionales e internacionales para ser consumidos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDITIVE MANUFACTURING SPECIAL INTEREST GROUP (AM Sig). Materials KTN, Technology Strategy Board U.K. "Shaping our national Competency in additive manufacturing", 2012, p4.

ESCORSA, P. MASPONS, R. (2001). "De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva". España, FT-rentice Hall, Pearson.

ESCORSA, P., VALLS, J. (1997). "Tecnología e Innovación en la empresa. Dirección y Gestión. Edición UPC. Barcelona.

GILAD, B. (1992). "What you don't know, can hurt you: formalising competitive intelligence activities. Journal of AGSI.

JACOBIAK, F. (1992). "Exemples comentés de veille technologique. Les éditions d'organisation, París.

LESCA, H. (1994). "Veille stratégique, l'intelligence de l'entreprise. Aster". Gières, Francia.

MARTINET, B. y MARTI, Y. (1995). "L'intelligence économique. Les yeux et les oreilles de l'entreprise". Les éditions d'organisation, París.

NORMA ESPAÑOLA UNE 166006:2011 - EX: Sistemas de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, España, AENOR.

PALOP, F. y VICENTE, J. (1999). "Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: su potencialidad para la empresa española". España, Fundación COTEC. Madrid.

PORTER, M. (2001). "Strategy and the Internet", Harvard Business Review, March 2001, pp. 62-78.

RODRIGUEZ, M. (1999). « La Inteligencia Tecnológica: Elaboración de mapas tecnológicos para la identificación de líneas recientes de investigación en materiales avanzados y sinterización, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

ROUACH, D. (1996). "La veille technologique et l'intelligence Economique". Colección Que sais-je ?. N° 3086. Presses Universitaires e France, París

WOHLERS T., "Wohlers Report 2013. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report", 2013.

6. ENLACES DE INTERÉS

<http://singularityhub.com/2015/04/28/feeding-tomorrows-billions-lab-grown-meat-vertical-farms-ai-designed-recipes-and-more/>

<http://es.slideshare.net/tcnn/3-d-food-printing-kjeld-van-bommel-tnocompressed>

<http://dupress.com/articles/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing/>

<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>

<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/116342-La-fabricacion-aditiva-La-evidencia-de-una-necesidad.html>

<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>

<https://connect.innovateuk.org/documents/2998699/3675986/UK+Review+of+Additive+Manufacturing+-+AM+SIG+Report+-+September+2012.pdf/a1e2e6cc-37b9-403c-bc2f-bf68d8a8e9bf>

CustomPartNet. "Stereolithography". <http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>". 2008

CustomPartNet. "Fused Deposition Modeling". <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>". 2008

CustomPartNet. "Selective Laser Sintering". <http://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sintering>". 2008

Fundación Cotec, fabricación aditiva. ISBN: 987-84-92933-15-0. 2011. PDF p115.

CustomPartNet. "3D Printing". <http://www.custompartnet.com/wu/3d-printing>". 2008

CustomPartNet. "Inkjet Printing". <http://www.custompartnet.com/wu/inkjet-printing>". 2008

<http://www.additive3d.com/glos.htm>

<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>

<http://www.3ders.org/3d-printing/3d-printing-history.html>

<http://www.3ders.org/articles/20131231-3d-printing-in-2013-year-in-review.html>

<http://www.3ders.org/articles/20121220-3d-printing-in-2012-year-in-review.html>

<http://3dprint.com/30482/3d-printing-2014/>

<http://www.zdnet.com/article/the-history-of-3d-printing-a-timeline/>

Informe Publicaciones del Informe Wohlers 2011-2012-2013-2014:

<https://wohlersassociates.com/press63.html>

<https://wohlersassociates.com/press59.html>

<https://wohlersassociates.com/press56.htm>

<https://wohlersassociates.com/press54.htm>

<http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2015/04/05/predicting-the-future-of-cloud-service-providers/>

http://www.pwc.com/en_US/us/technology-forecast/2014/3d-printing/features/assets/pwc-3d-printing-full-series.pdf

<http://www.gartner.com/newsroom/id/2940117>

<https://connect.innovateuk.org/documents/2998699/3675986/UK+Review+of+Additive+Manufacturing+AM+SIG+Report+September+2012.pdf/a1e2e6cc-37b9-403c-bc2f-bf68d8a8e9bf>

http://simt.com/uploads/4881/SIMT_AM_Conference_Keynote.pdf

<http://singularityhub.com/2015/04/28/feeding-tomorrows-billions-lab-grown-meat-vertical-farms-ai-designed-recipes-and-more/>

<http://es.slideshare.net/tcnn/3-d-food-printing-kjeld-van-bommel-tnocompressed>

<http://www.telegraph.co.uk/technology/3357701/Bill-Gatess-dream-A-computer-in-every-home.html>

<http://dupress.com/articles/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing/>

<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>

<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/116342-La-fabricacion-aditiva-La-evidencia-de-una-necesidad.html>

<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>

<https://connect.innovateuk.org/documents/2998699/3675986/UK+Review+of+Additive+Manufacturing+AM+SIG+Report+September+2012.pdf/a1e2e6cc-37b9-403c-bc2f-bf68d8a8e9bf>

CustomPartNet. "Stereolithography <http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>". 2008

CustomPartNet. "Fused Deposition Modeling <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>". 2008

CustomPartNet. "Selective Laser Sintering <http://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sintering>". 2008

Fundación Cotec, fabricación aditiva. ISBN: 987-84-92933-15-0. 2011. PDF p115.

CustomPartNet. "3D Printing <http://www.custompartnet.com/wu/3d-printing>". 2008

CustomPartNet. "Inkjet Printing: <http://www.custompartnet.com/wu/inkjet-printing>". 2008

<http://www.additive3d.com/glos.htm>

<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>

<http://www.3ders.org/3d-printing/3d-printing-history.html>

<http://www.3ders.org/articles/20131231-3d-printing-in-2013-year-in-review.html>

<http://www.3ders.org/articles/20121220-3d-printing-in-2012-year-in-review.html>

<http://3dprint.com/30482/3d-printing-2014/>

<http://www.zdnet.com/article/the-history-of-3d-printing-a-timeline/>

http://www.pwc.com/en_US/us/technology-forecast/2014/3d-printing/features/assets/pwc-3d-printing-full-series.pdf

<http://www.gartner.com/newsroom/id/2940117>

<https://connect.innovateuk.org/documents/2998699/3675986/UK+Review+of+Additive+Manufacturing+-+AM+SIG+Report+-+September+2012.pdf/a1e2e6cc-37b9-403c-bc2f-bf68d8a8e9bf>

http://simt.com/uploads/4881/SIMT_AM_Conference_Keynote.pdf

<http://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>

7. OTRAS LECTURAS DE CONSULTA

A.Council, M. Petch, Future Food: How Cutting Edge Technology & 3D Printing Will Change the Way You Eat, Kindle Edition, 2015.

Anderson, Chris, Markers: The new industrial revolution, Random House, 2013

C. Sleiman, C. Manfredi, J. Grimberg, Impresión 3D en la Argentina: Acciones, Proyectos, Actores, Publicación del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, 2015.

Chua, Chee Kai, Kah Fai Leong y Chu Sing Lim, Rapid Prototyping: Principles and Applications, Tercera edición, WSPC, 2010.

Deloitte University Press, "The 3D opportunity primer: The basics of additive manufacturing", 2013, p5.

Fundación Cotec, fabricación aditiva. ISBN: 987-84-92933-15-0. 2011. PDF.

Fundación Prodintec "Nuevas Tecnologías para la Fabricación de Series Cortas" - 2011, p16.

Gartner, Inc. "Gartner's Hype Cycle Special Report for 2010". Agosto 2010

Gartner, Inc. "Hype Cycle for 3D Printing, 2014". Julio 2014.

Gebhardt, Andreas, Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping – Rapid Tolling- Rapid Manufacturing, Hanser Fachbuchverlag, 2011

Gibson, Ian, David W. Rosen y Brent Stucker, Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer, 2009.

ie Sun, Weibiao Zhou, Dejian Huang, Jerry Y. H. Fuh, Geok Soon Hong, An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication, Food and Bioprocess Technology; August 2015, Volume 8, Issue 8, pp 1605-1615

Lipson, Hod, Fabricated: The New World of 3D Printing, John Wiley & Sons, 2013

Marsh, Peter, The New Industrial Revolution: Consumers, Globalization and the End of Mass Production, Yael University Press, 2012.

R. Ramírez, R. Ariza, J. Ceballos, P. Vergelín, C. Sandre, K.Nemcansky, C. Zunini, C. Palladino, M. Secchi, L.Apecena, R. Becker, Panorama de la I3D, Publicación del Centro de Diseño Industrial, INTI, 2015.

The 3D opportunity primer: The basics of additive manufacturing" Deloitte University Press | DUPress.com

Wohlers T., "Wohlers Report 2014. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report", 2014

ANEXO 1. ENFOQUE METODOLÓGICO

- **PALABRAS CLAVES**

Para la búsqueda de información científica y de acuerdo al tema objeto de estudio, se identificaron las siguientes palabras claves:

Tabla 18. Palabras claves para la búsqueda de publicaciones científicas en impresoras 3D para alimentos

TEMAS	PALABRAS CLAVES
	Búsqueda Genérica
Impresoras 3D en la Industria de la Alimentación	E-manufacturing, rapid prototyping, additive manufacturing, free form fabricated, manufacturing material increase, printing material increase , fabricated material increase, prototyping material increase, 3DP, prototyping three dimension, prototyping 3D, prototyping, manufacture generative, manufacture additive layer, Color Jet Printing, Powder bed printing, Fused Deposite Modeling, Selective Laser Sintering, Stereolithography, feed, liquid additive, pharmacy, medical, stereoscopic, oxidation products, streaming interactive, nanotechnology, nanotechnologies, halogen, seed culture, nanometer fibers, nanometer fibres, antibacterial, media access control, multi wafer 3D CAM cells, 3 sigma, three sigma, rheology additive, vibration isolator, elastomeric, veterinary science, hygiene, implants, odontology, heart.

Fuente: elaboración propia.

Para la búsqueda de documentos de patentes relacionadas a impresoras 3D en alimentos se identificaron las siguientes palabras claves y códigos internacionales de patentes que fueron insumos para la elaboración de las distintas estrategias de búsquedas:

Tabla 19. Listado de palabras claves para la búsqueda de documentos de patentes en impresoras 3D para alimentos

TEMAS	PALABRAS CLAVES
	Búsqueda Genérica
Impresoras 3D en la industria de la alimentación	E- manufacturing, rapid prototyping, additive manufacturing, free form fabricated, manufacturing material increase, printing material increase , fabricated material increase, prototyping material increase, 3DP, prototyping three dimension, prototyping 3D, prototyping, manufacture generative, manufacture additive layer, Color Jet Printing, Powder bed printing, Fused Deposite Modeling, Selective Laser Sintering, Stereolithography, feed, liquid additive, pharmacy, medical, stereoscopic, oxidation products, streaming interactive, nanotechnology, nanotecnologies, halogen, seed culture, nanometer fibers, nanometer fibres, antibacterial, media access control, multi wafer 3D CAM cells, 3 sigma, three sigma, rheology additive, vibration isolator, elastomeric, veterinary science, hygiene, implants, odontology, heart.
IPC	B29 or A23

Fuente: elaboración propia.

- **SENTENCIAS DE BÚSQUEDAS EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS**

Tabla 20. Ecuación de búsqueda en publicaciones científicas

Ecuación	<p>TI=(((E adj manufacturing) or (rapid ADJ prototyp*) or (additiv* adj manufactur*) or ((free adj form) near fabricat*)) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp* or (material* near3 increase*)) and (("3DP") or (three adj dimension*) or ("3D") or (3 adj dimension*))) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp*) near2 (generative or (additive* near3 layer*))) OR ((Color* adj Jet* adj Print*) or (Powder* adj bed* adj print*) or (Fuse* adj Deposit* adj Model*) or (Select* adj Laser adj Sinter* or Stereolithograph*)) NOT ALL=(((feed* OR liquid*) adj additive*) OR pharma* OR medica* OR stereoscopic* OR (oxidation ADJ product*) OR (streaming ADJ interactive*) OR nano* OR (non adj halogen) OR (seed ADJ culture) OR (nanometre adj2 fiber*) OR (nanometer adj2 fibre*) OR antibacteria* OR (media adj access adj control) OR (multi adj wafer adj 3D adj CAM adj cell*) OR (3 adj2 sigma) or (three ADJ sigma) OR (rheolog* near additive*) OR (vibration near3 isolator*) OR (no adj3 elastomeric*) OR (non-elastomeric*) OR nano* OR medic* OR (veterinary adj science) OR hygiene Or implant* or odontology* or heart*) AND (PY>=(2006) AND PY<=(2015));</p>
Fuente	Colección Web of Science – Thomson Innovation
Periodo de tiempo de búsqueda	Desde el 2006 al 2015
Cantidad de registros	13
Campos de búsquedas	Todos los campos

Fuente: elaboración propia.

- **SENTENCIAS DE BÚSQUEDAS EN PATENTES**

Tabla 21. Ecuaciones de búsquedas en patentes

Ecuación	(TAB=((additiv* adj manufactur*) OR (E adj manufacturing) OR (3DP) OR (three adj (dimension* or 3d)) OR (3 adj D) OR (3 adj dimension*) OR ((free adj form) near3 fabricat*) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp*) near3 (generative or (additive* near3 layer*))) OR (material* near3 increase*) OR (Color* AND Jet* AND Print*) OR (Powder* AND bed* AND print*) OR (Fuse* AND Deposit* AND Model*) OR (Solid* AND (Free adj Form) AND Fabricat*) OR (Select* AND Laser AND Sinter*) OR Stereolithograph* OR Robocast* OR (Hydrocollo* AND Print*)) AND (PY>=(2005) AND PY<=(2015)) AND AIC=(A23* or b29c*) NOT AIC=(A61* or B41*) OR (TAB=((additiv* adj manufactur*) OR (E adj manufacturing) OR (3DP) OR (three adj (dimension* or 3d)) OR (3 adj D) OR (3 adj dimension*) OR ((free adj form) near3 fabricat*) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp*) near3 (generative or (additive* near3 layer*))) OR (material* near3 increase*) OR (Color* AND Jet* AND Print*) OR (Powder* AND bed* AND print*) OR (Fuse* AND Deposit* AND Model*) OR (Solid* AND (Free adj Form) AND Fabricat*) OR (Select* AND Laser AND Sinter*) OR Stereolithograph* OR Robocast* OR (Hydrocollo* AND Print*)) AND (PY>=(2005) AND PY<=(2015)) AND AIC=(b29c* or a23*) NOT AIC=(A61* or B41*))
Herramienta de búsqueda	Thomson Innovation
Periodo de tiempo de búsqueda	Desde 2005 al 2015
Cantidad de registros	1620 resultados - 1239 familias
Campos de búsquedas	Título, resumen, códigos IPC

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Ecuaciones de búsquedas en patentes

Ecuación	<p>TAB=((additiv* adj manufactur*) OR (E adj manufacturing) OR (3DP) OR (three adj (dimension* or 3d)) OR (3 adj D) OR (3 adj dimension*) OR ((free adj form) near3 fabricat*) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp*) near3 (generative or (additive* near3 layer*))) OR (material* near3 increase*) OR (Color* AND Jet* AND Print*) OR (Powder* AND bed* AND print*) OR (Fuse* AND Deposit* AND Model*) OR (Solid* AND (Free adj Form) AND Fabricat*) OR (Select* AND Laser AND Sinter*) OR Stereolithograph* OR Robocast* OR (Hydrocollo* AND Print*)) AND (PY>=(2005) AND PY<=(2015)) AND AIC=(A23* or b29c*) AND PA=((3d AND systems) or stratasys or harbin or rasmussen or tfh or nalco or seiko or wuhe or hasbro or hewlett or fujifilm or int AND paper or nienstedt or stork or electroluc or harbin or rasmussen or tfh or nalco or seiko or wuhe or hasbro or (int AND paper) or nienstedt or stork or electroluc or sumitomo or jiangnan or bridgestone or zhejiang or (eos AND electro*) or (albany AND eng) or (corp AND z) or envisiontec or snecma or sony or arcam) NOT AIC=(A61* or B41*)</p>
Herramienta de búsqueda	Thomson Innovation
Periodo de tiempo de búsqueda	Desde 2005 al 2015
Cantidad de registros	2369 resultados – 690 familias
Campos de búsquedas	Título, resumen, solicitantes, códigos IPC

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Ecuaciones de búsquedas en patentes

Ecuación	TAB=((additiv* adj manufactur*) OR (E adj manufacturing) OR (3DP) OR (three adj (dimension* or 3d)) OR (3 adj D) OR (3 adj dimension*) OR ((free adj form) near3 fabricat*) OR ((manufactur* or print* or fabricat* or prototyp*) near3 (generative or (additive* near3 layer*))) OR (material* near3 increase*) OR (Color* AND Jet* AND Print*) OR (Powder* AND bed* AND print*) OR (Fuse* AND Deposit* AND Model*) OR (Solid* AND (Free adj Form) AND Fabricat*) OR (Select* AND Laser AND Sinter*) OR Stereolithograph* OR Robocast* OR (Hydrocollo* AND Print*)) AND (PY>=(2005) AND PY<=(2015)) AND AIC=(A23*) NOT AIC=(A61* or B41*);
Herramienta de búsqueda	Thomson Innovation
Periodo de tiempo de búsqueda	Desde 2005 al 2015
Cantidad de registros	1997 resultados – 1527 familias
Campos de búsquedas	Título, resumen, solicitantes, códigos IPC

Fuente: elaboración propia.

- **HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA Y ANÁLISIS**

El presente Estudio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva se basó en dos fuentes de información: Fuentes primarias, que comprende la información surgida de la experiencia y el conocimiento de los consultores expertos, y de las Fuentes secundarias, conformadas por las bases de datos con documentos científicos y de patentes de invención.

En función al área de investigación en la que se focalizó el estudio, los consultores expertos procedieron a definir las palabras claves y/o códigos de clasificación de patentes CIP, a partir de los cuales fue posible construir las diferentes sentencias de búsquedas que se aplicaron en las bases de datos de publicaciones científicas y de

patentes de invención, a fin de permitir recuperar documentos relevantes que permitieron llevar a cabo el presente Estudio.

Las bases de datos utilizadas fueron las disponibles en la plataforma de Vigilancia e Inteligencia Thomson Reuters, denominada Thomson Innovation - TI, a través de la cual se accedió a más de 95 millones de patentes, de más de 90 países del mundo, contando además con información de su propia Base de datos de patentes Derwent, y acerca de 50 millones de publicaciones científicas de Web of Science, Conference Proceedings y Current Contents.

Por otra parte, toda la primera etapa de búsqueda realizada con el TI, se complementó con la utilización de otra de las herramientas de Thomson Reuters, Thomson Data Analyzer - TDA, que permite realizar una gran variedad de análisis a partir de un corpus determinado, aplicando técnicas de Data Mining y Text Mining.

El periodo de años con el que se realizaron las distintas búsquedas sobre el tema del estudio para el caso de las publicaciones científicas y patentes de invención fueron 2006:2015 y 2005:2015 respectivamente.

Otra de las herramientas utilizadas para vigilar otros tipos de fuentes no estructuradas fue la Antena Tecnológica, que es una plataforma de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para diferentes sectores productivos, desarrollada de manera conjunta por la Secretaría de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, a través del Programa Nacional VINTEC.

Esta plataforma pone a disposición de cámaras y asociaciones empresariales, empresas, entidades gubernamentales, universidad y organismos públicos y privados de investigación información clave y estratégica para distintos sectores económicos. La Antena Tecnológica está programada para brindar información relevante y de acceso sencillo a los sectores productivos Plástico, Textil, Autopartes, Nanotecnología, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Petróleo y Gas, Alimentos y Bebidas, Maquinaria Agrícola.

ANEXO 2. LISTADO DE CÓDIGOS INTERNACIONALES DE PATENTES (IPC)

Tabla 24. Descripción de IPC

IPC	Descripción
A23P	Conformación o tratamiento de productos alimenticios.
A23G	Cacao; productos a base de cacao, p. ej. Chocolate; sucedáneos del cacao o de los productos a base de cacao; confitería; goma de mascar; helados; su preparación.
A23L	Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas no cubiertos por las subclases A21D o A23B-A23J; su preparación o tratamiento, p. ej. Cocción, modificación de las cualidades nutricionales, tratamiento físico (conformación o tratamiento, no enteramente cubierto por la presente subclase, A23P); conservación de alimentos o de productos alimenticios, en general.
A22C	Tratamiento de la carne, de las aves de corral o del pescado (conservas A23B; producción de composiciones a base de proteínas para la alimentación A23J 1/00; productos alimenticios a base de pescado, carne o aves de corral a23I; trituración, p. ej. picado de la carne B02C 18/00; preparación de proteínas en sí C07K 1/00.

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 3. CÓDIGOS DE PAÍSES

Tabla 25. Códigos de países

AU	Australia
CN	China
DE	Alemania
EP	Unión Europea
GB	Reino Unido
NL	Países Bajos
RU	Rusia
US	Estados Unidos
VN	Vietnam
WO	PCT

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 4. GLOSARIO

CIP o IPC: la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), establecida por el Arreglo de Estrasburgo de 1971, prevé un sistema jerárquico de símbolos independientes del idioma para clasificar las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen. La CIP divide la tecnología en ocho secciones, con unas 70.000 subdivisiones, cada una de las cuales cuenta con un símbolo que consiste en números arábigos y letras del alfabeto latino. Los símbolos correspondientes de la CIP se indican en los documentos de patente (solicitudes y patentes conferidas publicadas), de los que en los últimos 10 años se emitió más de 1.000.000 por año. Las oficinas nacionales o regionales de propiedad industrial que publican el documento de patente se encargan de asignar los símbolos de la CIP. Para los documentos PCT, los símbolos de la CIP son asignados por la Administración encargada de la Búsqueda Internacional (ISA)²².

La Clasificación es indispensable para la recuperación de los documentos de patente durante la búsqueda en el "estado de la técnica". Se valen de esa recuperación las autoridades que conceden patentes, los eventuales inventores, las unidades de investigación y desarrollo y demás partes interesadas en la aplicación o el desarrollo de la tecnología.

THEMESCAPE: mapa gráfico que busca mostrar los temas involucrados mediante el análisis de las palabras de cada documento, permite la visualización del estado de determinadas áreas tecnológicas sobre los temas que se estén trabajando. Mediante algoritmos de minería de datos, se ubica a cada documento en un "cluster" o "grupo" específico. En el mapa se visualizan los nombres de todos los clusters o grupos que el algoritmo conforma a partir de las palabras presentes en los documentos. De existir muchos documentos que forman parte del "grupo", se creará una zona blanca de dimensiones proporcionales con la cantidad de documentos. Los "grupos" se ubicarán en el mapa, distanciados en función de la similitud entre las palabras de los "grupos". Los puntos que se ven indican la existencia de documentos que no forman parte de un grupo en particular, y estarán ubicados en el mapa en función también de

²² <http://www.wipo.int/classifications/ipc/es/preface.html>

la similitud de sus palabras con respecto a los grupos conformados. Si los grupos se encuentran alejados unos de otros indicará que en la tecnología que se ha buscado, los investigadores o solicitantes se encuentran trabajando en temas diferentes dentro de la misma tecnología. Estos mapas son útiles para buscar por una misma empresa en donde es posible ver su política de I&D, viendo si los campos tecnológicos son siempre los mismo o si están surgiendo nuevos campos de interés. Si los grupos se encuentran muy próximos o que hay grupos con muchas zonas blancas grandes, eso dirá que todos están interesados en algunos temas específicos dentro de las tecnologías.

CONCEPTOS RELACIONADOS A TECNOLOGÍA 3D

ADDITIVE MANUFACTURING

El additive manufacturing o fabricación aditiva es un proceso de unión de materiales para la creación de objetos, habitualmente mediante la adición de capas, desde un modelo en 3 dimensiones, de forma opuesta a las tecnologías de fabricación substractiva (ASTM F2792).

CAD (Computer aided design)

Los CAD o los sistemas de Diseño Asistido por PC, son *software* que permiten la creación de modelos virtuales tridimensionales o bidimensionales, para ayudar en el proceso de diseño y desarrollo de un producto, pieza u objeto.

CAM (Computer aided manufacture)

Los CAM o los sistemas de fabricación asistida por PC, son *software* que permiten el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en la fase directa de manufactura de un producto, es un puente entre el Diseño Asistido por Computadora CAD y el lenguaje de programación de las máquinas herramientas con una intervención mínima del operario. Debido a sus ventajas, se suele combinar el diseño y la fabricación asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM.

COLOR JET PRINTING (CJP)

Tecnología de fabricación aditiva desarrollada por 3D Systems, que implica dos componentes principales – Material núcleo (en polvo) y aglutinantes de diversos colores (líquido) –. El material se extiende en capas delgadas sobre la plataforma de construcción mediante un rodillo. Después de que se extendió cada capa, aglutinante de color se inyecta selectivamente mediante cabezales de inyección de tinta sobre la capa de material, haciendo que se solidifique. La plataforma de acumulación baja con cada capa posterior que se extiende y se imprime, dando como resultado un modelo tridimensional a todo color.

CONSTRUCTIVE MANUFACTURING

Sinónimo del término manufactura aditiva; el cual refiere a un conjunto de tecnologías de fabricación en el que la pieza a producir se produce por una adición y aporte gradual de material hasta lograr la forma requerida.

DIRECT DIGITAL MANUFACTURING (DDM)

Término que da cuenta de la producción de piezas y objetos directamente desde un archivo CAD sin la realización de matricerías, moldes y herramientas específicos.

E-MANUFACTURING

El E-Manufacturing plantea una nueva modalidad de fabricación basada en la conectividad de las redes e Internet; la cual cubre una gama completa de actividades en línea, incluyendo el diseño de productos, control de producción y las condiciones de supervisión, gestión de la cadena de suministros y stock, mantenimiento y servicios de venta a través de Internet, entre otros.

FOTOPOLIMERO

En fabricación aditiva e impresión 3D, es un polímero líquido que se solidifica de forma selectiva al ser expuesto a una luz con cierta longitud de onda.

FOOD INKJET PRINTING

Proceso que permite por medio de cabezales de chorro de tinta, depositar de manera precisa colorantes comestibles para decorar y personalizar las superficies de

diferentes tipos alimentos. Su precisión le permite imprimir fotos, textos, ilustraciones y diferentes diseños. No genera relieve en 3D.

FREEFORM FABRICATION (FFF)

O Fabricación de Forma Libre, es una tecnología similar al *FDM* de Stratasys solo que no está circunscripto a termoplásticos y es más amplia en su alcance. Una variante de este término es “Free Form Manufacturing” (FFM), al igual que “Solid FreeForm Fabrication” (SFF). Este término se vio popularizado y divulgado gracias al movimiento REPRAP a partir del año 2005.

FUSED DEPOSITE MODELING (FDM)

El “Fused Deposite Modeling” o Modelado por Deposición Fundida es una Tecnología de prototipado rápido y fabricación aditiva desarrollada y patentada por Stratasys. La misma permite fabricar piezas y objetos, capa por capa de abajo a arriba, calentando y extrudiendo el filamento termoplástico mediante boquillas.

GENERATIVE MANUFACTURING

Sinónimo del término manufactura aditiva; muy utilizado por institutos de investigación Alemanes, el cual refiere a un conjunto de tecnologías de fabricación en el que la pieza a producir se produce por una adición y aporte gradual de material hasta lograr la forma requerida.

HYDROCOLLOID PRINTING

Proceso de impresión 3D de Alimentos en el cual se emplea un sistema similar al de Robocasting o “Freeform Fabrication”, el cual construye el objeto mediante la combinación de materias primas alimenticias no tradicionales: hidrocoloides y gelatinas con diversos agentes de sabor. Esto permite producir una amplia gama de alimentos simulados ya que tanto la textura y el sabor se puede ajustar de forma independientes.

MATERIAL INCREASE MANUFACTURING

Sinónimo del termino Manufactura Aditiva; refiere a un conjunto de tecnologías de fabricación en el que la pieza a producir se produce por un incremento gradual de material hasta lograr la forma requerida.

PERSONALIZED FOOD

Personalized Food o Nutrición Personalizada es un término utilizado para referirse a la producción de alimentos específicos teniendo en cuenta las características y necesidades propias y especiales de cada usuario, como así también recomendaciones nutricionales (por ejemplo alto contenido de proteínas y calcio). Cobra vital importancia este término gracias a la impresión 3D y tecnologías de fabricación aditiva que permiten el diseño y la producción de productos alimenticios específicos y personalizados con nutrientes específicos para cada paciente y/o consumidor.

POLÍMERO

Cadenas de moléculas unidas que forman una estructura material. Los plásticos son un tipo de polímero.

POWDER BED PRINTING (PBP)

También conocido como proceso impresión 3D en cama de yeso o 3DP (Plaster-based 3D printing). Es una Tecnología de fabricación aditiva desarrollada por el M.I.T. y posteriormente comercializada por Z-Corp (actualmente 3D Systems). El principio funcional de esta tecnología es similar al del "Color Jet Printing" (CJP) ya que utiliza como componentes principales un material núcleo (polvos de almidón, yeso o polímeros) y aglutinantes.

PRINTED FOOD

Término utilizado para referirse a productos alimenticios producidos por medio de fabricación aditiva o impresión 3D.

RAPID MANUFACTURING (RM)

Se entiende por *Rapid Manufacturing (RM)* al conjunto de técnicas, tecnologías y métodos que permiten la fabricación rápida, flexible y competitiva de piezas, ya sean prototipos, moldes, matrices o productos finales, directamente a partir de información digital.

ROBOCASTING

Es una tecnología de fabricación aditiva similar a *FDM* y *FFF*, que se basa en la robótica para la deposición controlada de suspensiones cerámicas (mezclas de polvo de cerámica, agua y pequeñas cantidades de modificadores químicos) o material en estado semilíquido, a través de una jeringa o una boquilla.

SELECTIVE LASER SINTERING (SLS)

Tecnología de prototipado rápido en el que partículas de polvo se fusionan por capas gracias al haz de un láser. La velocidad es similar a la Estereolitografía, pero permite una selección amplia de materiales para la producción de piezas y modelos precisos en polímeros de ingeniería, metales y compuestos cerámicos, entre otros.

STEREOLITHOGRAPHY (SLA)

Proceso en el que se utilizan resinas fotosensibles curadas por un láser y por el cual va trazando la sección geométrica de una pieza capa a capa.

STL

Formato de archivo estándar para casi todos los procesos de prototipado rápido, impresión 3D y fabricación aditiva. También es conocido como lenguaje de triangulación de superficies (“Surfaces Triangulation Language”).

3D FOOD PRINTING

Término utilizado para referirse al campo de la impresión 3D y fabricación aditiva de alimentos y comestibles.

ANEXO 5. ACRÓNIMOS

OPERADORES DE BÚSQUEDA

*****: Su uso permitirá buscar documentos con palabras que comiencen con las letras que anteceden al operador.

?: Su uso permite reemplazar una letra particular por cualquier letra del abecedario.

NEAR: Su uso devolverá documentos que posean las dos palabras entre las que se encuentra, ubicada primera una u otra, existiendo un número de palabras entre las mismas que se define por el valor que se encuentra luego del operador. EJ. "A" NEAR2 "B", buscará documentos que contengan A y B, pero solo cuando no estén separados por más de 2 palabras.

ADJ: Su uso devolverá documentos que posean las dos palabras entre las que se encuentra, ubicadas solo en el mismo orden, existiendo un número de palabras entre las mismas definido por el número que se encuentra luego del operador. EJ. "A" NEAR2 "B", buscará documentos que contengan A y B, pero solo cuando no estén separados por más de 2 palabras.

>= Su uso devolverá documentos que contengan un determinado campo de información con valores mayores o iguales al valor que antecede.

<= Su uso devolverá documentos que contengan un determinado un campo de información con valores menores o iguales al valor que antecede.

CAMPOS DE INFORMACIÓN USADOS EN SENTENCIAS DE BÚSQUEDAS

TI: Campo de información referido al título del documento

TAB: Campo de información referido al título y al resumen del documento

AIC: Campo de información referido a la clasificación del documento de patente, tanto CIP como CPC

PY: Campo de información de año de publicación del documento

ALL: Referido a todos los campos de información del documento

PA: Campo de información de los solicitantes del documento

CC: Campo de información de Código de país

IPC: Clasificador Internacional de Patentes



**Presidencia
de la Nación**

**Ministerio de
Ciencia, Tecnología
e Innovación Productiva**



**Secretaría de
Planeamiento y Políticas**

SUBSECRETARÍA DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA · DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS
vintec@mincyt.gob.ar · antenatecnologica.mincyt.gob.ar