



TESIS DE MAESTRIA
LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SUS IMPLICANCIAS EN LA
CADENA DE SUMINISTROS
La impresión 3D

por

Jonatan Javier Mortarini

Ingeniero Industrial
2014 Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Presentado a la Escuela de Posgrado del ITBA y de la EOI de España
en cumplimiento parcial
de los requerimientos para la obtención del título de

Magister en Dirección Estratégica y Tecnológica (Argentina)
Master Executive en Dirección Estratégica y Tecnológica (España)

En el Instituto Tecnológico de Buenos Aires

Junio 2018

Firma del Autor _____
Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Fecha (día, mes y año)

Certificado por _____
Mg Jorge Almada, Profesor de Supply Chain / Planeamiento Comercial
Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Tutor de la Tesis

Aceptado por _____
MSc. Diego Luzuriaga Director del Programa
Instituto Tecnológico de Buenos Aires

Miembros del Jurado:

Agradecimientos

Al Mg. Jorge Almada por todo su tiempo invertido en la revisión de este trabajo, sus aportes y orientación.

Al Dr. Alberto Terlatto por sus buenos consejos.

A mis compañeros por dos años de maestría en donde siempre se trabajó dentro de una comunidad colaborativa.

A profesores y autoridades del Instituto Tecnológico de Buenos Aires, por estar siempre predispuestos a colaborar en la gestión de las innovaciones.

Dedicatoria:

“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes”

Issac Newton

Gracias Jorge Mortarini (padre), María Rosa Sánchez (madre) y Carolina Mortarini (hermana) por haber sido esos gigantes que siempre me han servido de soporte para buscar proyectar un futuro mejor.

*Esto es para los locos. Los inadaptados. Los rebeldes. Los alborotadores. Las clavijas redondas
en agujeros cuadrados. Los que ven las cosas de otra manera.
No son aficionados a las reglas y no tienen ningún respeto por lo establecido. Puedes alabarlos,
puedes no estar de acuerdo con ellos, puedes citarlos, puedes no creer en ellos, glorificarlos o
vilipendiarlos. Pero la única cosa que no puedes hacer es ignorarlos. Porque ellos cambian las
cosas.
Ellos inventan. Ellos imaginan. Ellos curan. Ellos exploran. Ellos crean. Ellos inspiran. Ellos
impulsan la humanidad hacia delante.
Quizás tienen que estar locos. ¿Cómo si no puedes enfrentarte a un lienzo vacío y ver una obra
de arte? ¿O sentarte en silencio y escuchar una canción que nunca ha sido escrita? ¿O
contemplar un planeta rojo y ver un laboratorio sobre ruedas?
Mientras algunos les ven como los locos, nosotros vemos genios.
Porque la gente que está lo suficientemente loca como
para pensar que pueden cambiar el mundo,
son los que lo hacen.¹*

¹ Traducción al español de la versión original del slogan creado por Apple en 1997.

Índice de Capítulos:

ABSTRACT:.....	IX
INTRODUCCIÓN:	XI
DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PROBLEMA:	XI
ESTADO DEL CONOCIMIENTO:.....	XII
HIPÓTESIS:.....	XIII
ARTICULACIÓN:	XIII
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:.....	XIV
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	XIV
INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN:.....	XV
CAPÍTULO 1: REVOLUCIONES HISTORICAS. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS CON LA NUEVA REVOLUCION INDUSTRIA	1
1- REVOLUCIONES INDUSTRIALES – HISTORIA	1
2- LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	1
3- LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	4
4- LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	7
5- PRINCIPALES SEMEJANZAS CON LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	9
5.1. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SU IMPACTO SOCIAL.	10
5.2. CAMBIOS EN LAS INSTITUCIONES.....	13
6. DIFERENCIAS CON LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	15
6.1. DIFERENCIACIÓN CONCEPTUAL.....	15
6.2. LA DOBLE ASIMETRÍA DEL EMPODERAMIENTO	16
6.3. MODIFICACIÓN EN LA COMPOSICIÓN DEL TRABAJO.....	17
6.4. MODIFICACIÓN EN LA NATURALEZA DEL TRABAJO	21
CAPÍTULO 2: ESTADO ACTUAL DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	24
1. DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	24
1.1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	24
1.2. LAS ACTUALES FUENTES DE VALOR EN LA LOGÍSTICA Y LA CADENA DE SUMINISTRO	25
1.3. COSTOS OPERATIVOS	25
1.4. TIEMPOS DE CAMBIO Y NUEVAS NECESIDADES LOGÍSTICAS	26
1.5. ESTADO ACTUAL DE LAS LÍNEAS DE SUMINISTROS Y DE DISTRIBUCIÓN.....	27
1.6. PERSONALIZACIÓN Y VELOCIDAD, IMPACTOS EN LA CADENA DE SUMINISTROS.....	29
2. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA ACTUAL CADENA DE SUMINISTRO.....	30
3. ANÁLISIS CUANTITATIVO	33
3.1. DIAGNÓSTICO DEL SECTOR	33
CAPÍTULO 3: ¿DE QUÉ TRATA LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL?	51
1. LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SUS COMPONENTES	51

2.	PRINCIPIOS DE LA IMPRESIÓN 3D (HISTORIA Y FUNCIONAMIENTO).....	56
2.1.	HISTORIA DE LA IMPRESIÓN 3D.....	56
3.	FUNCIONAMIENTO DE LAS IMPRESORAS 3D.....	60
4.	APORTES Y CAMBIOS QUE GENERA LA IMPRESIÓN 3D.....	64
4.1.	LAS IMPRESORAS 3D Y EL EMPLEO	66
4.2.	CRECIMIENTO ECONÓMICO ACTUAL	67
4.3.	FINANCIAMIENTO DE UNA INNOVACIÓN RADICAL COMO LA IMPRESIÓN 3D.....	68
4.4.	LA IMPRESIÓN 3D Y LOS MODELOS DE NEGOCIOS	70
5.	EL MOMENTO DE LA IMPRESIÓN 3D	73
5.1.	¿LA SOLUCIÓN A TANTOS MALES?	73
5.1.1.	CONSTRUCCIÓN	73
5.1.2.	MEDICINA	75
5.1.3.	ALIMENTOS	77
5.2.	USO INDUSTRIAL DE LA IMPRESIÓN 3D.....	79
5.3.	IMPRESIÓN 3D COMBINADA CON LA ACTUAL CADENA DE SUMINISTRO, CASOS ACTUALES DE ÉXITO.....	80
5.3.1.	REPUESTOS BAJO PEDIDO.....	80
5.3.2.	FABRICACIÓN DE PIEZAS DIRECTAS E INDIVIDUALIZADAS.....	82
5.3.3.	SERVICIOS DE POSPOSICIÓN DE PRODUCTOS	83
5.3.4.	SERVICIOS DE FIN DE PISTA.....	84
5.3.5.	IMPRESIONES 3D PARA EMPRESAS Y CONSUMIDORES	85
	CAPÍTULO 4: PREDICCIONES DEL USO DE LA IMPRESIÓN 3D	87
1.	PREDICCIONES DE EXPERTOS EN IMPRESIÓN 3D	87
2.	PREDICCIONES DE EXPERTOS TECNOLÓGICOS	89
3.	ANÁLISIS SISTÉMICO, PROPUESTAS Y FACTORES CRÍTICOS PARA EL ÉXITO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	94
	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	99
5.1.	GENERALIDADES DE LA CONCLUSIÓN	99
5.2.	IMPACTO EN ECONOMÍAS EN DESARROLLO COMO LA ARGENTINA.....	100
5.3.	UN FUTURO QUE NO TIENE LÍMITES.....	102

Índice de ilustraciones:

ILUSTRACIÓN 1 - SUSTITUCIÓN DEL EMPLEO	20
ILUSTRACIÓN 2 - COSTOS LOGÍSTICOS.....	35
ILUSTRACIÓN 3 - TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGA.....	37
ILUSTRACIÓN 4 - TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	37
ILUSTRACIÓN 5 - EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD	41
ILUSTRACIÓN 6 - EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD	41
ILUSTRACIÓN 7 - EVOLUCIÓN DE LA SEGMENTACIÓN POR MERCADO ATENDIDO	42
ILUSTRACIÓN 8 - SEGMENTACIÓN POR INDUSTRIA DEMANDANTE.....	42
ILUSTRACIÓN 9 - EVOLUCIÓN POR INDUSTRIA DEMANDANTE.....	43
ILUSTRACIÓN 10 - SECTOR DE CARGAS Y OPERADORES LOGÍSTICOS POR ESCENARIO	49
ILUSTRACIÓN 11 - IMPRESIÓN 3D.....	61
ILUSTRACIÓN 12 - TECNOLOGÍAS EN IMPRESIÓN 3D.....	64
ILUSTRACIÓN 13 - EXPECTATIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS	91
ILUSTRACIÓN 14 - PENSAMIENTO SISTÉMICO ACERCA DEL ACEPTACIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D ...	95

Índice de tablas

TABLA 1 - PROBABILIDAD DE SUSTITUCIÓN DE EMPLEO (MÁS PROBABLES)	19
TABLA 2 - PROBABILIDAD DE SUSTITUCIÓN DE EMPLEO (MENOS PROBABLES).....	19
TABLA 3 - DIAGNÓSTICO DEL SECTOR	34
TABLA 4 - DIMENSIONAMIENTO DEL SECTOR DE CARGAS	36
TABLA 5 - DIMENSIONAMIENTO DEL SECTOR DE LOGÍSTICA.....	38
TABLA 6 - ANÁLISIS FODA DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS	39
TABLA 7 - PROYECCIÓN DE PRINCIPALES SECTORES CLIENTES.....	45
TABLA 8 - TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA IMPRESIÓN 3D.....	63

Abstract:

En la actualidad, la cantidad de novedades, en materia de avances tecnológicos, crece de manera exponencial y afecta la vida cotidiana de las personas. Se puede enumerar una gran cantidad de innovaciones tecnológicas que han alterado la manera en la que opera la cadena de suministros, pero aún todas estas representan tan solo un primer capítulo de lo que está por venir.

Son destacables los avances de la impresión 3D, tecnología que parece no tener límites, su aplicación actual supera cualquier pronóstico que se pudiera haber hecho en 1984 cuando Charles Hull creó la que hoy es conocida como la primera impresora 3D, la cual operaba mediante la tecnología de adhesión.

Las aplicaciones de esta tecnología abarcan ámbitos que van desde la impresión de un objeto de uso cotidiano, hasta edificios, alimentos, hasta órganos y tejidos. Este avance, amenaza a cientos de industrias. Aquellas que no presenten una adecuación hacia estas innovaciones van a correr el riesgo de desaparición.

Puesto por caso, si hoy se quisiera adquirir un producto de la forma más digital posible, se debería realizar un pedido on-line del modelo deseado, el mismo se producirá en una fábrica que quizás se encuentre a miles de kilómetros, se enviaría mediante algún medio de transporte tradicional, como puede ser avión o barco y luego de varios días se estaría recibiendo. Este producto carecería de restricciones de acceso, es decir, el mismo modelo que se pudo obtener con la compra on-line podría ser adquirido por cualquier persona con acceso a Internet.

Con la llegada de la impresión 3D todo esto se modifica. Ante la necesidad de un producto tan solo se debe buscar un diseño ya existente en Internet e imprimirlo, con tan solo unos clics, con un costo muy bajo y en muy poco tiempo se obtiene lo que se busca, sin dejar de mencionar que se puede modificar el diseño para ajustarlo a las necesidades personales, obteniendo un producto personalizado.

El dilema está en si esta tecnología será aceptada por grandes masas. Si esto ocurriese el impacto sobre la cadena de suministros sería enorme.

Para abordar este trabajo de investigación se tuvo en cuenta una gran variedad de autores entre estos las obras de Chris Anderson, Klaus Schwab y Andrei Vazhnov, papers de distintas temáticas: logísticos, tecnológicos y exclusivos de impresión 3D entre otros

Introducción:

En épocas donde la palabra “disrupción” toma un protagonismo tan importante para todos aquellos que se ven movilizados por la proyección de un futuro que ya no se presenta como lejano, sino que es cercano y ya reconocible, es aquí y ahora cuando se debe replantear las consecuencias que traerá el avance tecnológico y el cambio de paradigmas que hasta ahora nunca habían sufrido cuestionamientos. Esto trae consigo un alto grado de complejidad, ya que al momento de medir el alcance de estos cambios tecnológicos y paradigmáticos, se pone en evidencia la dificultad de su cuantificación, además la velocidad con la que aparecen hace que las medidas a tomar difícilmente sean preventivas. La práctica correctiva hace que un gran porcentaje de las personas vean como su vida diaria se modifica, para peor o mejor.

Habiendo dicho esto, ¿de qué manera puede afectar la impresión 3D a la vida cotidiana?, es decir, si se cuenta con la posibilidad de contar dentro de los hogares de estos dispositivos capaces de crear un sinnúmero de objetos en pocos minutos y con un alto nivel de personalización ¿Por qué se debería seguir recurriendo a grandes industrias que, a expensas de economías de escala, continúan ofreciendo al mercado productos estándares? O ¿recurrir a aquellas industrias que permiten un alto nivel de personalización, pero el tiempo que les requiere satisfacer todas las necesidades de sus clientes es muy alto? Por ello, si las grandes industrias se ven amenazadas por un dispositivo con el cual se puede contar dentro de los propios hogares, ¿Cómo afectará ello a la cadena de suministros?

Definición y alcance del problema:

Una impresora 3D es un dispositivo capaz de generar un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material. En este último punto se encuentra la principal diferencia con los métodos tradicionales de producción, los cuales tienen un funcionamiento de extracción, es decir, generan formas a partir de la eliminación de exceso de material. Las impresoras 3D se basan en modelos 3D para definir lo que se va a crear. Este modelo se trata de la representación digital de lo que vamos a imprimir mediante algún software de modelado.

La impresión 3D tiene el potencial para revolucionar el modo en que construimos casi todo (Obama, 2013).

El objetivo de esta investigación será evaluar las implicancias que podría traer el avance de la impresión 3D en la cadena de suministros, consideradas desde todos los ámbitos en los cuales se está empleando dispositivos de fabricación en tres dimensiones, pero haciendo un especial hincapié en los productos de producción masiva.

Estado del conocimiento:

Desde sus inicios, en 1984, la impresión 3D se vio limitada por la capacidad de procesamiento de materiales, por lo cual una vez que se descifra la metodología para realizar impresiones utilizando nuevos materiales, las posibilidades de uso crecen de manera muy amplia.

En la actualidad estas impresoras son utilizadas en varios ámbitos pudiendo destacar 3 principales:

- Construcción, en donde ya existen equipos de arquitectos que realizan sus diseños en AutoCad y mediante dispositivos D-Shape (impresoras 3D con la capacidad de utilizar arena y una solución adhesiva) consiguen crear diseños con hasta 6 metros por lado.
- Medicina, industria en la cual ya existen más de 3 millones de audífonos que han sido creados mediante el uso de impresoras 3D. Sumado a esto, aquellas personas que han perdido brazos, manos o hasta inclusive piernas pueden realizar la impresión de estas extremidades con materiales ortopédicos y pudiendo personalizarlos para que respeten sus dimensiones y se ajusten de manera precisa a sus cuerpos.
- Alimentos, en donde organizaciones de la talla de la NASA han realizado financiamientos a empresas que buscan desarrollar dispositivos capaces de producir alimentos que se encuentren en igual condición que si lo hubiera elaborado un chef profesional. Dentro de esta industria es en la repostería en donde se ha visto mayor grado de avance.²

² Elaboración propia utilizando como base el libro de Andrei Vazhnov, "Impresión 3D: Cómo va a cambiar el mundo", Editorial Baikal, 2013.

Hipótesis:

La impresión 3D introducirá importantes cambios en la cadena de suministros, tales como la desintermediación, reducción de depósitos, reducción del transporte, aumento en los niveles de personalización en diferentes productos, todo esto dentro de la próxima década.

Articulación:

En la sección 1 se desarrollarán las históricas revoluciones industriales, haciendo hincapié en sus contextos, hechos y personajes importantes. Luego se describirán las principales similitudes y diferencias que existen entre esta nueva revolución industrial y sus predecesoras para a partir de allí poder trazar una proyección

Luego, en la sección 2, se describirá el actual modelo de la cadena de suministro. Se realizará un análisis cualitativo para conocer los rumbos que buscan tomar las grandes empresas de logística a nivel mundial, y de esta manera, construir el escenario de cómo planean adaptarse a la nueva revolución industrial. Por último, se presentará un análisis cuantitativo, mediante el cual revelar el tamaño del impacto que pueda traer aparejado el cambio de paradigma.

En la sección 3 se realizará una descripción de la nueva revolución industrial: sus inicios, evolución a lo largo del tiempo, principales hitos, metodología de producción y principales líderes del sector. Se definirán los aportes que esta nueva tecnología trae consigo, y el estado actual de la misma.

En la sección 4 se presentarán las predicciones de expertos tecnológicos y, en particular, en impresión 3D, con el objetivo de reconocer los futuros avances de esta nueva revolución industrial.

En la sección 5 se confrontarán las hipótesis y se obtendrán las conclusiones. También se incluyen nuevos avances tecnológicos que muestran la nueva evolución de la impresión 3D.

Revisión bibliográfica:

Al momento de realizar la investigación se consultó una gran cantidad bibliografía acerca de la impresión 3D, en especial de las posibles aplicaciones de esta tecnología. Dentro de ello se abordaron libros de expertos tecnológicos, otros que se especializaron en la utilización de impresión 3D y además informes de empresas dedicadas al ámbito logístico.

En lo referido a bibliografía en español, el libro “Impresión 3D – Cómo va a cambiar el mundo” de Andrei Vazhnov fue un gran aporte para la orientación de la investigación y para conocer su opinión sobre los posibles impactos de este fenómeno sobre la vida de las personas.

Luego en inglés se tomó como base el libro “Makers: The New Industrial Revolution”, del autor Chris Anderson. Además, se incluyeron los principales conceptos del libro “La cuarta revolución industrial”, donde el autor es Klaus Schwab, fundador del foro económico, del cual participan jefes de gobierno, líderes científicos, empresarios, emprendedores y académicos, dicho foro sirvió de fuente para la formulación del libro.

En cuanto al campo de la cadena de suministros la fuente principal de información fue el libro “Logística Administración de la cadena de suministro”, del autor Ronald H. Ballou. Además, se trabajó con material de Martin Christopher, Profesor Emérito de Marketing y Logística en Cranfield School of Management.

Por último, se han verificado un sin número de informes publicados en Internet, tomando los más representativos y con mayor sustento en sus palabras. Quienes publicaron estos papers son de distintas fuentes como DHL representando la cadena de suministros, HICL al campo de las inversiones en infraestructuras, las consultoras PWC y A.T. Kearney, y empresas tecnológicas como TNO y AEB.

Objetivos de la investigación:

Reconocer la manera en la que avanza la tecnología de la impresión 3D y establecer una línea de tendencias para poner a prueba la posible aceptación de las personas sobre los cambios que pueda introducir en la cadena de suministro y su participación en la misma.

Realizar un análisis cuantitativo de la magnitud en la que este fenómeno puede afectar la industria que opera con el transporte y almacenamiento de productos de posible producción doméstica mediante impresión 3D.

Interrogantes de investigación:

Partiendo del supuesto en el que las personas que, actualmente, no tienen acceso a la impresión 3D, comiencen a adoptar dicha tecnología, ¿la utilizarán para la producción de objetos que, en estos momentos, requieren una larga cadena de suministros?, si así fuera muchos de los protagonistas de esa cadena de suministros, deberían reinventarse o ya no se requerirían sus servicios.

A su vez, se determinará si la impresión 3D amenaza o no con dejar a la cadena de suministros con un formato de trabajo distinto al que actualmente lleva, o inclusive bajar sus volúmenes de acción.

CAPÍTULO 1: REVOLUCIONES HISTORICAS. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS CON LA NUEVA REVOLUCION INDUSTRIA

1- Revoluciones industriales – historia

Es importante comenzar reconociendo el origen de este concepto: “el término Revolución Industrial fue propuesto por el historiador británico A. J. Toynbee (1889-1975) para designar los acontecimientos que tuvieron lugar en la Inglaterra del siglo XVIII, sobre todo a partir de 1750.” Andrés Muñoz Machado (2014, *p.* 109)

Machado (2014), destacaba la singularidad del término por la progresiva sustitución del trabajo manual por trabajo del tipo mecánico, recurriendo, de manera obsesiva, al análisis del puesto de trabajo para acrecentar la especialización en las tareas. Estos cambios perseguían un único objetivo que era el aumento de productividad.

A pesar, de lo que el término parece indicar, la revolución no se trata de un acontecimiento repentino, sino que consta de un conjunto de acontecimientos, que preparan el camino a las innovaciones técnicas que caracterizan la época y que sirven de fundamento al desarrollo posterior. Machado (2014)

2- La Primera Revolución Industrial

Se trata de un conjunto de acontecimientos que tienen lugar en Inglaterra entre los años 1760 y 1860. Machado (2014), sostiene que Inglaterra durante la época de la revolución industrial presentaba las siguientes características:

- Modificación de los valores morales. Se prioriza el progreso material, aunque que la razón de esta priorización vaya más allá del deseo de vivir confortablemente.
- Influencia de las políticas mercantilistas, al lado de la necesidad de abastecer al gran mercado que se había abierto con la política comercial de los siglos anteriores.

- Estructura política y legislativa favorecedora del desarrollo económico. Desde la Revolución de 1688, el gobierno tenía mayoría de comerciantes y agricultores que favorecían los intereses mercantiles. El sistema gremial se había debilitado más que en otros países de Europa y existía hasta un sistema de patentes para proteger inventos.
- Mano de obra abundante y barata. En gran parte fue consecuencia de la corriente migratoria de Irlanda, provocada por las malas cosechas y los cercamientos, con los que se practicó la alternancia del uso de la tierra entre el cultivo de cereal y los pastos, que redujeron las necesidades de mano de obra en la agricultura y crearon un movimiento migratorio hacia las ciudades.
- Buena dotación de recursos energéticos. El combustible, el carbón mineral, había venido sustituyendo a la madera, siendo abundante y barato.
- Desarrollo alcanzado por el sistema bancario. El Banco de Londres se había fundado en 1694. Había abundancia de dinero, que permitía obtener créditos baratos, que se canalizaban a través de un número creciente de bancos comerciales.

Machado (2010), destaca los siguientes inventos durante esta primera revolución industrial:

- Máquinas dedicadas a la industria textil. Funcionaron como impulso para los procesos industriales que dejaron de hacerse de forma manual. La primera máquina fue diseñada por R. Arkwright en 1760, funcionaba de manera hidráulica y era de difícil manipulación. El perfeccionamiento final llegaría con el diseño de R. Roberts y la “self acting mule” en 1830. La construcción de telares automáticos tendría su primer impulso con el invento de la lanzadera volante por J. Key en 1733.
- Máquina de vapor. Inventada por W. Watt, basada en la máquina atmosférica que había desarrollado Papin, Savery y Newcomen. La diferenciación entre ambas máquinas es que en el desarrollo de Watt se agrega un condensador separado. Este avance supuso la

sustitución del esfuerzo humano por energía generada en una máquina. A partir de entonces, las personas podían dedicarse a labores distintas de las de levantar peso o hacer girar ruedas. La máquina se empleó en la industria mediante instalaciones de grandes ejes y poleas que permitían transmitir su movimiento. Poco después fue aplicada al ferrocarril, a la navegación e incluso al transporte por carretera.

- Fabricación de acero. El desarrollo de procedimientos que permitían el empleo de minerales de hierro fosforado para la fabricación de acero. H. Bessemer había ideado, en 1856, cuando trataba de mejorar el alcance de los cañones, un convertidor revestido de sílice o magnesio que no daba buenos resultados con las menas fosforadas, que por esta razón eran poco apreciadas. Un proceso alternativo fue el horno Martin Siemens, basado en una patente (1856) de F. Siemens para un dispositivo de recuperación del calor, que aumentaba el rendimiento de la máquina de vapor y aplicado, en 1863, en Francia, para fundir barras de acero y chatarra por Pierre y Emile Martin. Tanto el procedimiento Bessemer como el Martin Siemens no podían emplearse con menas fosforadas. S. G. Thomas, junto con P. Gilchrist, perfeccionó el procedimiento hacia 1880, introduciendo un revestimiento básico en el convertidor, lo que mejoró sus posibilidades de emplearlo para el tratamiento de minerales de hierro fosforado. Se hizo así posible, por ejemplo, la explotación de las minas de Lorena (Francia) y las de Kiruna en Suecia. El proceso Thomas permitió duplicar la producción de acero. En resumen, se había conseguido disponer de acero barato.
- La aplicación del método Leblanc, horas en desuso y sustituido por el método inventado por E. Solvay, para la fabricación del carbonato sódico, muy utilizado en la producción de vidrio, jabones y depuración de agua duras. La primera fábrica que lo empleó se instaló en Saint-Denis, en 1792, permitiendo sustituir los productos que se empleaban, de origen vegetal o mineral.
- Las aportaciones a la administración de empresas por pioneros tales como R. Owen (1771-1852) que, en su famosa fábrica de New Lamark, descubre las relaciones entre

condiciones saludables del trabajo y productividad, prohíbe el empleo de niños y crea un seguro para enfermos y ancianos; y R. Aackwright (1732-1792), a quien se considera el creador de los sistemas modernos de fabricación, que trataría de aplicar en su fábrica de Cromford, cuyos telares movería mediante energía hidráulica.

3- La segunda revolución industrial

Este conjunto de acontecimientos, se extiende, según la mayoría de los autores, al periodo comprendido entre 1870 y 1940. Es también reconocida como la revolución de la productividad (Machado, 2010).

El inicio de esta revolución industrial no ha sido un hecho fortuito, sino consecuencia de un contexto (Neffa, 1989). Es por ello, que conviene recordar brevemente las condiciones que hicieron posible el nacimiento de teorías y experiencias en materia de organización científica del trabajo, en el período comprendido entre 1880 y la Primera Guerra Mundial.

Hacia fines del siglo XIX el capitalismo estaba en plena expansión en Estados Unidos y se requería aumentar rápidamente la producción para hacer frente a una creciente demanda. Entre 1815 y 1860 el importante flujo migratorio acogido por ese país provino de los países industrializados de Europa, con lo cual se satisfacía la demanda de fuerza de trabajo calificada (Neffa, 1989).

El flujo de inmigrantes se interrumpe durante la Guerra de Secesión, y cuando vuelve a restablecerse, la mayoría de los inmigrantes provendrán de países de Europa del sur y del este, pero esa fuerza de trabajo no tenía mayormente calificación ni experiencia de trabajo industrial. Los inmigrantes van a concentrarse progresivamente en las ciudades industriales del noreste, en las cuales se requería de manera creciente una fuerza de trabajo adicional (Castel, 1997).

Según Drucker (1993), era menester que la mano de obra nuevamente incorporada se adaptara a las tareas industriales para lo cual éstas debían ser simplificadas, y de esta manera economizar

capital en la fábrica, evitar el mal uso de las máquinas e instrumentos, así como el derroche de materias primas, y reducir al mínimo el número de horas de trabajo necesarias.

El maquinismo había logrado multiplicar rápida y substancialmente la productividad del trabajo industrial, pero aun así la producción era insuficiente para cubrir la demanda interna y las posibles exportaciones (Neffa, 1989).

Se incentiva el desarrollo de la sección productiva de bienes de consumo que había sido arrastrada por la demanda y especialmente de las máquinas-herramientas para equilibrar ese rápido desarrollo (Castel, 1997).

Para hacer frente a la demanda surge una nueva metodología de trabajo, promovida por Frederick Winslow Taylor, la misma fue denominada, por el autor, organización científica del trabajo.

Uno de los autores de administración de empresas más leído del siglo XX, Peter F. Drucker (1993), hace las siguientes afirmaciones sobre F. W. Taylor:

Darwin, Marx y Freud son la trinidad que se cita a menudo como “hacedores del mundo moderno”; si hubiera justicia habría que sacar a Marx y poner a Taylor en su lugar. El hecho de que no se reconozca el mérito de Taylor es una cuestión menor; lo que sí es importante es que demasiada poca gente se da cuenta de que fue la aplicación del saber al trabajo lo que se creó a los países desarrollados, al poner en marcha la explosión de la productividad de los últimos cien años. Los tecnólogos atribuyen el éxito a las máquinas, los economistas a la inversión de capital, pero ambos factores eran tan abundantes en los primeros cien años, esto es, antes de 1880, como lo han sido desde entonces. En lo que hace a la tecnología o al capital, los segundos cien años difieren poco de los primeros cien. Pero no hubo absolutamente ningún aumento de la productividad laboral en los primeros cien años y, en consecuencia, tampoco hubo apenas aumento de la renta real del trabajador, ni disminución en su jornada laboral; lo que hizo que los segundos cien años fueran tan

críticamente diferentes solo puede explicarse como el resultado de aplicar el saber al trabajo. (Peter F. Drucker, 1993, *pp.* 86-87)

Uno de los principales inventos en este lapso de tiempo fue la generación, transporte y distribución de energía eléctrica. Su nacimiento, a diferencia de otras ramas de la técnica, es consecuencia directa de descubrimientos científicos, entre los que destacan los de Faraday (1791-1867), H. C. Oersted (1777-1851) y A. M. Ampere (1775-1836), (Machado, 2010).

Derry y Williams (1977) consideran que, las primeras máquinas de uso industrial, fueron la dinamo de corriente continua, construida por el belga Z. T. Gramme (1826-1901), que alcanzaría amplia difusión hacia 1870, y el motor de corriente alterna, diseñado (1888) por N. Tesla, croata nacionalizado estadounidense, que sentaría además los principios de las redes polifásicas.

En 1882, la central eléctrica de corriente continua de T.A. Edison iluminó Pearl Street, en Nueva York. En 1893, G. Westinhouse, siguiendo la tecnología de N. Tesla, instaló los primeros generadores eléctricos de corriente alterna en las cataratas del Niágara. (Machado, 2010)

La electricidad suponía que la energía mecánica, generada por una máquina de vapor o por una turbina, era transportable a distancia por medios más sencillos y flexibles que unos ejes, unas poleas o unas correas (Derry y Williams, 1977).

El uso de la electricidad, salvo para el alumbrado, solo se difundiría ampliamente a partir de 1900. Una normalización suficientemente amplia de sus condiciones de suministro no se lograría en Reino Unido hasta alrededor de 1945 (Machado, 2010).

El empleo de la electricidad en las comunicaciones (telégrafo, teléfono, radio), la electroquímica (fabricación del aluminio por el método Hall) y la soldadura eléctrica son ejemplos adicionales de la importancia del nuevo invento. (Castel, 1997)

Por otro lado, el ingeniero alemán N. A. Otto (1832-1891), desarrolló el motor a explosión, que empleaban, al principio, gas de hulla, pero, con el tiempo, se les adaptó para el empleo de

combustibles derivados del petróleo, y del motor de combustión interna, por el también ingeniero alemán R. Diesel (1858-1913) (Machado, 2010).

El producto principal del petróleo en 1900 eran las fracciones para el alumbrado. A lo largo del siglo XX se emplearía de modo creciente en el transporte y en la producción de energía. Estos motores térmicos, junto con los eléctricos, fueron sustituyendo paulatinamente a la máquina de vapor (Derry y Williams, 1977).

El ferrocarril, en el que el empleo de la máquina de vapor está unido al trabajo de ingenieros como R. Trevithick (1771-1833) y G. Stephenson (1781-1848), fue tal vez la excepción de más larga duración, ya que su empleo dura hasta nuestros días (Machado, 2010).

El desarrollo de las turbinas de vapor fue iniciado por el inglés C. A. Parsons (1854-1931), que trató de diseñar máquinas que permitieran un accionamiento más rápido, con mayor número de revoluciones por minuto, de las máquinas eléctricas. Su turbina fue instalada en el barco “*Turbinia*” (1894), causando sensación y mostrando su superioridad sobre otros motores. En 1900 había construido dos turboalternadores de 1.000 Kw (Derry y Williams, 1977).

Las turbinas hidráulicas, empezaron su perfeccionamiento con los trabajos del inglés J. Smeaton (1724-1792), a últimos del siglo XVIII (Castel, 1997).

El desarrollo seguiría durante todo el siglo XIX, siendo notorias las contribuciones del anglo norteamericano J. Francis (1815-1892) y del estadounidense L. A. Pelton (1829-1908), constituyéndose la primera gran instalación hidroeléctrica, ya citada, en el Niágara (Derry y Williams, 1977).

4- La tercera revolución industrial

La fecha de comienzo suele situarse en 1970, aunque su aparición no está generalmente aceptada.

P. Drucker (1993) sostiene que la principal innovación de esta era fueron las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en las que se consigue combinar las técnicas de comunicación con el uso de ordenadores. Su ejemplo paradigmático es internet.

Se destacan los trabajos de Von Neumann, sobre programación de ordenadores (1944); el invento del transistor por Bardeen, Brattain y Shockley (1948), el desarrollo de los fundamentos de la cibernética por N. Wiener (1948), la primera configuración de ARPANET (1969), el empleo de los microprocesadores y el auge de la nanotecnología (Machado, 2010).

Otro punto a destacar es el de la reducción de la presencia del Estado en las economías de los países occidentales. Según el centro de desarrollo de la OCDE (2001), el sector de las empresas públicas se había reducido en un 50% de su tamaño al comienzo de los años ochenta del siglo XX. Su peso en el PBI de sus países miembros cayó de un 10% a un 5%, como valores indicativos.

Las técnicas postfordistas de organización de la producción, de las que puede ser ejemplo paradigmático el sistema de producción Toyota, es otro de los avances fundamentales de esta era. Bajo este nuevo paradigma se encuentra la división de las grandes corporaciones en unidades más pequeñas (Drucker, 1993).

La expansión de las grandes multinacionales, siguiendo estrategias tales como la globalización o la transnacionalización. La aparición de las economías emergentes. La República Popular China y la India se configuran cada vez más como grandes potencias económicas e industriales (Machado, 2010).

P. Drucker (1993) hace hincapié en el papel del conocimiento en la creación de la riqueza, llegando a hablar de un Cuarto Sector denominado cognitariado o sector de conocimiento.

Por su parte Daniel Bell (1997) señala la agregación a las sociedades agrarias e industriales de una dimensión caracterizada por la administración de datos y la información. El conocimiento teórico se convierte en elemento central de la innovación.

La sociedad tiende a pasar de una sociedad productora de bienes a una sociedad prestadora de servicios. Según afirma Gimbert (1999), el empresario paradigmático de la sociedad industrial deja de ser Henry Ford, y pasa a ser Bill Gates.

El sociólogo español M. Castells (1999), afirma que lo que ha cambiado no es el tipo de actividades en las que participa la humanidad, sino la capacidad tecnológica de utilizar, como una fuerza productiva directa, lo que distingue a nuestra especie como rareza biológica, su capacidad superior para procesar símbolos.

Idalberto Chiavenato (1999), ha podido afirmar que, en nuestros días, la más poderosa de todas las herramientas es la organización humana.

5- Principales semejanzas con la nueva revolución industrial

En base a lo destacado en el ítem anterior, se puede afirmar que, cada revolución industrial estuvo cargada de características que surgieron como consecuencia de su marco histórico y contexto social, político y económico, pero, como sostiene Schwab (2016), a lo largo de todas ellas existieron componentes comunes como sus aportes a la desigualdad entre las clases sociales y los impactos que sus avances tecnológicos produjeron en la vida cotidiana.

Estos componentes no son diferentes a los que se encuentran en la nueva revolución industrial, y el hecho de reconocerlos en el tiempo permite realizar una predicción más fiable del comportamiento del futuro inmediato.

Para el abordaje de este tema se toma como base el libro de Carlota Perez (2004) “Revoluciones tecnológicas y capital financiero”, el cual es claro en sus conceptos acerca de las causas y consecuencias de las revoluciones de este tipo.

5.1. La revolución industrial y su impacto social.

Como se nombró anteriormente, las revoluciones industriales influyen de manera directa en la vida de las personas, desde lo cotidiano (excluyendo lo laboral que no forma parte de este enunciado), hasta lo económico-financiero.

La manera en que las personas asimilan estos cambios también define el éxito o fracaso de las revoluciones industriales, y existe una relación entre lo radical que sea una revolución con la dificultad de procesamiento por parte de la sociedad a la que afecta. A este último concepto hay que agregarle la complejidad de adaptación de aquellas sociedades con promedios de edad elevados o con bajo nivel educativo. Como sustento se cita el siguiente texto de Carlota Perez:

Si las revoluciones tecnológicas permanecieran como fuerzas de cambio en la esfera económica y la sociedad se adaptará en forma fácil y gradual a los nuevos productos y a los nuevos medios de transporte y comunicaciones, todo ese proceso podría describirse simplemente como la forma que toma el “progreso”, y la tecnología podría ser tratada como una variable exógena. Tales cambios, sin embargo, distan mucho de ocurrir sin tropiezos. Cada revolución tecnológica sacude y moldea profundamente a las sociedades y, a su vez, el potencial tecnológico es moldeado y orientado por efecto de las intensas confrontaciones y compromisos sociales, políticos e ideológicos. Es precisamente este carácter sistémico lo que hace de la complejidad del cambio técnico un tema tan crítico para comprender el desarrollo capitalista. (Perez, 2004, p. 48)

Se entiende que durante una revolución industrial van sucediendo una serie de fases no formales, pero sí bien definidas. Estas son parte de la manera de asimilación que tiene la sociedad, en una primera instancia las revoluciones son vistas como la creación de un nuevo contexto dentro del cual poder mejorar,

Cada revolución tecnológica, originalmente recibida como un conjunto de oportunidades auspiciosas, pronto es vista como una amenaza a la forma establecida de hacer las cosas en las empresas, en las instituciones y en toda la sociedad. El nuevo paradigma tecno económico asume

gradualmente la forma de un nuevo “sentido común” para la acción efectiva en cualquier área de actividad (Perez, 2004).

Pero al fenómeno de crecimiento inicial acompañado por la buena asimilación social se le contraponen la resistencia del paradigma actualmente dominante y la puja de intereses dentro de quienes se ven afectados de manera directa o indirecta por la aparición del nuevo paradigma, nuevamente Carlota Perez (2004) aclara que:

Mientras las fuerzas competitivas, la búsqueda de ganancias y las presiones de supervivencia ayudan a difundir los cambios en la economía, las vastas esferas social e institucional, donde también se necesita el cambio, permanecen rezagadas por la fuerte inercia derivada de la rutina, la ideología y los intereses creados. Es esta diferencia entre el ritmo de cambio de las esferas tecno económica y socio institucional lo que explicaría el turbulento periodo que sigue a cada big bang y, por lo tanto, el retraso en el pleno aprovechamiento social del nuevo potencial. Es así como los primeros 20 a 30 años de difusión de cada revolución tecnológica conducen a un desajuste creciente entre la economía y el sistema social y regulatorio. Estos últimos fueron desarrollados para adecuarse a los requerimientos del paradigma anterior y no pueden hacer frente a las nuevas condiciones. Además, los cambios que ocurren en la esfera tecno económica suponen un inmenso costo social en términos de pérdida de empleos y habilidades, así como en el desplazamiento geográfico de las actividades. El marco previo difícilmente podría estar preparado para absorber o compensar estos costos. Por lo tanto, a medida que el desajuste crece, las tensiones centrífugas y los procesos de desacoplamiento socavan las bases de la economía, acarreando problemas de gobernabilidad y de cuestionamiento a la legitimidad del marco institucional establecido. (Perez, 2004, p. 53).

Entonces, ¿cuál es la manera de que el cambio sea impulsado? ¿Quiénes son los generadores de cambios cuando hay fuerzas contrapuestas? No es del alcance de esta tesis definir responsables de cambios, pero Carlota Perez (2004) sostiene que, según marca la historia, es que el poder político quién, mediante definiciones, termina impulsando los nuevos paradigmas.

Carlota Perez (2014) destaca que el colapso financiero que suele señalar el final de este periodo es el último instrumento de persuasión y con frecuencia el más fuerte de todos ellos para propiciar los cambios necesarios. Una vez alcanzado el nuevo ajuste mediante la articulación de un modo de crecimiento apropiado, viene un proceso de re acoplamiento y convergencia.

Pasada esta etapa y durante los siguientes 20 a 30 años el nuevo paradigma consigue su máxima intensidad y despliegue en extensión, abarcando cada uno de los sectores y afectando a todos los países. (Perez, 2004)

Según las mediciones estadísticas, estas épocas no son necesariamente los tiempos de máximo ritmo de crecimiento, sin embargo, es la fase percibida y aceptada como la edad de oro porque representa un proceso armonioso de crecimiento que incorpora a la mayor parte de los sectores de la economía. (Perez, 2004)

En cuanto a lo social, y reconociendo el contexto como una época de cambio, en la cual se generan oportunidades de crecimiento, también se debe aclarar que deja en mala posición a círculos sociales que tenían dominación con el anterior paradigma.

Éste puede ser también un tiempo de elevación del nivel de vida de grupos de la población cada vez más amplios, especialmente en los países más centralmente involucrados en la difusión del paradigma y donde se han establecido los marcos institucionales más adecuados. La secuencia de ‘tiempos buenos y tiempos malos’ tendría entonces su origen en la interacción entre la dinámica de la economía como tal y la de la sociedad en su conjunto. Más aún, este fenómeno es uno de los principales factores explicativos de por qué lo que parece una evolución técnica continua tiene lugar dentro de los “envoltorios” sucesivos de diferentes revoluciones tecnológicas. (Perez, 2004, p. 54)

5.2. Cambios en las instituciones.

Además de la sociedad, las instituciones también deben adaptarse a estas revoluciones, y es aquí, donde también se presentan dificultades, ya que las grandes estructuras que tienen las convierte en inflexibles e incapaces de reaccionar rápidamente al cambio.

Para justificar lo anteriormente dicho, y en cuanto a lo que se refiere a la impresión 3D, se encuentra uno de los casos más complejos para las instituciones gubernamentales, y esta es la regulación de la fabricación y uso de armas de fuego impresas en 3 dimensiones, las cuales hasta el día de hoy gozan de total inmunidad y falta de trazabilidad.

Entonces, este nuevo paradigma tiene sus bases en nuevos inventos que lo impulsan. A este movimiento Schumpeter (1961), lo denominó destrucción creadora. La cual se define como una obligación, propia de la humanidad, de inventar para quebrantar la inercia que mantiene en quietud a la sociedad en el statu quo.

Aunque se lo tome a Schumpeter como primer pensador que expresó el concepto de destrucción creadora, fue Werner Sombart (1913), economista alemán, el primero en expresar la idea del espíritu creativo de destrucción en la economía, en su obra Guerra y capitalismo.

Por su parte, Schumpeter (1961) creía que la innovación aplicada al nivel de productos, procesos o metodologías de creación de valor, se trataba del motor de crecimiento capitalista. Y entendía a este motor, como una pieza de funcionamiento que, ineludiblemente, tiende a la destrucción de lo anteriormente adoptado, para crear una nueva estructura económica desde adentro.

Pero el concepto de destrucción creadora, propuesto por Schumpeter (1961), tiene encerrado un doble efecto. Positivo, pero a la vez negativo en la economía de las naciones, es decir, es un apalancamiento hacia el progreso, pero también contiene un efecto recesivo, ambos dentro de un lapso de tiempo.

Debido a la doble naturaleza del proceso de destrucción creadora, Schumpeter consideró la innovación no sólo como la fuerza impulsora del progreso, sino también como la causa de las recesiones recurrentes y, en general, de la conducta cíclica de los índices de crecimiento y de otras magnitudes económicas. A pesar de estar consciente de los factores sociales y económicos, Schumpeter permaneció muy atado al mercado y sus fuerzas de equilibrio como factor determinante, y a la economía como la esfera donde se absorbía la transformación. Tomando los ciclos de 3 a 5 años de Kitchin, los de 7 a 11 años de Juglar, o las ondas largas de Kondratieff de 45 a 60 años de duración, todas ellas según Schumpeter, son desviaciones del equilibrio causadas por explosiones innovadoras. Al definir los ciclos más prolongados, los de 45 a 60 años u ondas largas, se refirió a cada uno de ellos como la irrupción de “una ‘revolución industrial’ y la asimilación de sus efectos. (Perez, 2004, p. 49).

Estas transformaciones funcionan a largo plazo, de manera caótica, sufriendo (y produciendo) oscilaciones en su aceptación e impacto social. Este comportamiento es propio del sistema capitalista, el cual contienen interacciones vinculadas entre la economía y las instituciones sociales. Estas interacciones, a su vez, provocan cambios entre ambas partes. (Perez, 2004).

Cada revolución tecnológica es percibida como una conmoción, y su difusión encuentra poderosa resistencia tanto en las instituciones establecidas como en la gente misma. En consecuencia, al comienzo la manifestación de su enorme potencial de generación de riqueza tiene efectos sociales más bien caóticos y contradictorios y termina exigiendo una significativa recomposición institucional. Ésta pasará por cambios en el marco regulatorio capaces de afectar a todos los mercados y actividades económicas, por el rediseño de una importante variedad de instituciones, empezando por el gobierno, incluyendo la regulación financiera, y llegando hasta la educación y a modificaciones en los comportamientos sociales y en las ideas. Por lo tanto, cada revolución tecnológica trae consigo, no sólo la reorganización de la estructura productiva sino, eventualmente, también una transformación tan profunda de las instituciones gubernamentales, de la sociedad, e incluso de la ideología y la cultura que se puede hablar de la construcción de modos de crecimiento sucesivos y distintos en la historia del capitalismo. El proceso de

destrucción creadora ocurre, entonces, cada 50 o 60 años tanto en la economía como en el ámbito sociopolítico. Estos cambios suelen ser forzados por una combinación de presiones provenientes primero de los requerimientos de una economía en rápida transformación y, más tarde, de las consecuencias del modo turbulento como se difunde la tecnología, llevando a tensiones sociales intensas y a veces violentas. (Perez, 2004, p. 50).

Para períodos en los cuales, una recesión obligue al poder político a aceptar el cambio de paradigma, Keynes (1936) sostuvo la implementación de políticas anti cíclicas por parte del estado. Inclusive Schumpeter (1939) mostró desconfianza ante la capacidad de los poderes curativos del mercado y a reconocer que, cuando se trataba de sacar a la economía de una depresión, la razón para la acción gubernamental era incomparablemente más fuerte.

6. Diferencias con la nueva revolución industrial

6.1. Diferenciación conceptual

Como se definió en ítems anteriores, no es posible disociar la evolución de la sociedad y los avances tecnológicos definidos en cada una de las revoluciones industriales, pero no se trata de una relación lineal, los efectos varían en cada una de las revoluciones, sus consecuencias difieren unas de otras, no todos los tiempos fueron iguales y no todos los avances tecnológicos tuvieron el mismo alcance o inclusive la misma fuerza de impacto para cada una de las clases sociales. Es por ello por lo que en las revoluciones industriales siempre hubo estratos sociales más beneficiados que otros o inclusive efectos contrapuestos.

En lo conceptual, Klaus Schwab (2016), marca 3 aspectos diferenciadores entre la nueva revolución industrial y sus antecesoras:

- Velocidad: al contrario que las anteriores revoluciones industriales, esta está evolucionando a un ritmo exponencial, más que lineal. Este es el resultado del mundo polifacético y profundamente interconectado en que vivimos, y del hecho de que la nueva tecnología engendra, a su vez, tecnología más nueva y más poderosa.

- Amplitud y profundidad: se basa en la revolución digital y combina múltiples tecnologías que están llevando a cambios de paradigma sin precedentes en la economía, los negocios, la sociedad y las personas. No solo está cambiando el “qué” y el “cómo” hacer las cosas, sino el “quiénes somos”.
- Impacto de los sistemas: se trata de la transformación de sistemas complejos entre (y dentro de) los países, las empresas, las industrias y la sociedad en su conjunto.

6.2. La doble asimetría del empoderamiento

A lo largo de las revoluciones ha existido una modificación entre los protagonistas más beneficiados con cada una de ellas. Si se realiza un análisis de la primera revolución industrial los estratos que tenían acceso al capital eran quienes se veían más favorecidos para realizar la explotación del mismo y obtener sus réditos. (Lacomba, 2013)

Pero esto no siempre se mantuvo en el tiempo, de hecho, en la nueva revolución industrial el acceso a tecnología como la impresión 3D es cada vez más sencillo y la explotación de este medio está al alcance de la mano de cualquiera que tenga los conocimientos técnicos como para manipular estas tecnologías, y es entonces en donde surge la segunda diferencia sustancial del empoderamiento en las revoluciones industriales, ya no tiene el poder quien tiene acceso a la tecnología sino quien mejor la sabe usar.

Chris Anderson (2012) hace una reflexión al respecto en su libro “Makers – la nueva revolución industrial”:

Antes resultaba difícil ser un emprendedor. Los grandes inventores, hombres de negocios de la primera revolución industrial, como James Watt y Matthew Boulton, famosos por la máquina de vapor, no fueron solo inteligentes, sino unos privilegiados. Muchos procedían de la clase dirigente o tuvieron la suerte de hacer su aprendizaje con alguien de la élite. En la mayoría de ocasiones desde entonces, el espíritu empresarial ha consistido en poner una tienda de comestibles en la esquina o cualquier otro tipo de modesto negocio local o,

con menor frecuencia, en un fantasioso disparate basado en una idea que tiene muchas más probabilidades de traer consigo la ruina que la riqueza. Actualmente, estamos malacostumbrados por la facilidad de elección en Internet. Cualquier chico con una idea y un ordenador puede poner las simientes de una empresa que cambiará el mundo, y basta pensar en Mark Zuckerberg y Facebook o en cualquiera de las miles de empresas emergentes que esperan seguir su camino en la Web. Naturalmente que pueden fracasar, pero el coste se mide en pagos vencidos de la tarjeta de crédito y no por una desgracia de por vida o una prisión para indigentes. Lo más bonito de la Web es que democratizó las herramientas de invención y también de producción. Cualquiera que tenga una idea para un servicio puede convertirla en un producto con un poco de código de software (hoy día apenas se requiere saber mucho de programación y lo que se necesite saber se puede aprender en línea) y no se requiere patente. En ese momento, con pulsar una tecla, puedes “enviarlo” a un mercado mundial de miles de millones de personas. Es posible que montones de personas caigan en la cuenta de ello y les guste, o puede que no. Quizás haya un modelo de negocio asociado, o tal vez no. A lo mejor la riqueza aguarda al final de este arco iris, o tal vez no. Pero la cuestión es que la distancia entre “inventor” y “emprendedor” se ha acortado de tal forma que apenas existe. (Chris Anderson, 2012, *pp.* 18-19)

Entonces, la llave de acceso dejó de ser el capital y pasó a ser el conocimiento, quien tenga la capacidad de explotar las herramientas (que actualmente se encuentran democratizadas), tendrá la posibilidad de tener el poder de influenciar en la sociedad y crear negocios que, hasta el momento no existían.

6.3. Modificación en la composición del trabajo

Actualmente existen categorías laborales, en particular aquellas que involucran labores mecánicamente repetitivas y manualmente precisas, han sido automatizadas por máquinas. Pensadores como Klaus Schwab (2016) sostienen que muchas otras las seguirán, a medida que la potencia de la nueva revolución industrial continúe creciendo de forma exponencial.

En sus investigaciones Schwab (2016), sostiene que antes de lo que muchos prevén, el trabajo de profesiones tan diversas como abogados, analistas financieros, médicos, periodistas, contables, aseguradores o bibliotecarios podría ser parcial o totalmente automatizado.

Hasta ahora, la evidencia es que la nueva revolución industrial ha creado menos puestos de trabajo en nuevas industrias que en las revoluciones anteriores. Según una estimación del Programa Oxford Martin (2016) sobre la tecnología y el empleo, solo el 0,5% de la fuerza laboral de Estados Unidos trabaja en industrias que no existían en el cambio de siglo, un porcentaje mucho menor que el aproximadamente 8% de los nuevos empleos creados en nuevas industrias durante la década de 1980 y que el 4,5% de nuevos puestos de trabajo creados durante la década de 1990.

Esto corrobora un reciente censo económico estadounidense que arroja una interesante luz sobre la relación entre la tecnología y el desempeño: demuestra que las innovaciones en información y otras tecnologías disruptivas tienden a aumentar la productividad mediante la sustitución de los trabajadores existentes, en lugar de crear nuevos productos que necesiten más mano de obra para ser producidos.

Dos investigadores de la Oxford Martin, el economista Carl Benedikt Frey y el experto en aprendizaje de máquina Michael Osborne (2013), han cuantificado el efecto potencial de la innovación tecnológica en el desempleo mediante un ranking con 702 profesiones distintas según su probabilidad de ser automatizadas, desde las menos susceptibles al riesgo de automatización (“0” corresponde a ningún riesgo en absoluto) a aquellas más susceptibles al riesgo (“1” corresponde a un cierto riesgo de que el trabajo sea sustituido por un ordenador de algún tipo).

A continuación, se destaca una tabla que publican los economistas acerca de las profesiones más vulnerables a ser sustituidas:

Tabla 1 - Probabilidad de sustitución de empleo (más probables)

PROBABILIDAD	OCUPACIÓN
0,99	Vendedores vía telefónica
0,99	Preparadores de impuestos
0,98	Evaluadores de seguros de daños en automóviles
0,98	Árbitros y otros jueces deportivos
0,98	Secretarios jurídicos
0,97	Camareros de restaurantes, salones y cafés
0,97	Compraventa de bienes inmuebles
0,97	Contratistas de trabajo agrícola
0,96	Secretarías y asistentes administrativos, excepto los jurídicos, médicos y ejecutivos
0,94	Entregas y mensajería

Fuente: Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, Universidad de Oxford, 2013.

Por el contrario, se encuentran las profesiones menos propensas a la automatización:

Tabla 2 - Probabilidad de sustitución de empleo (menos probables)

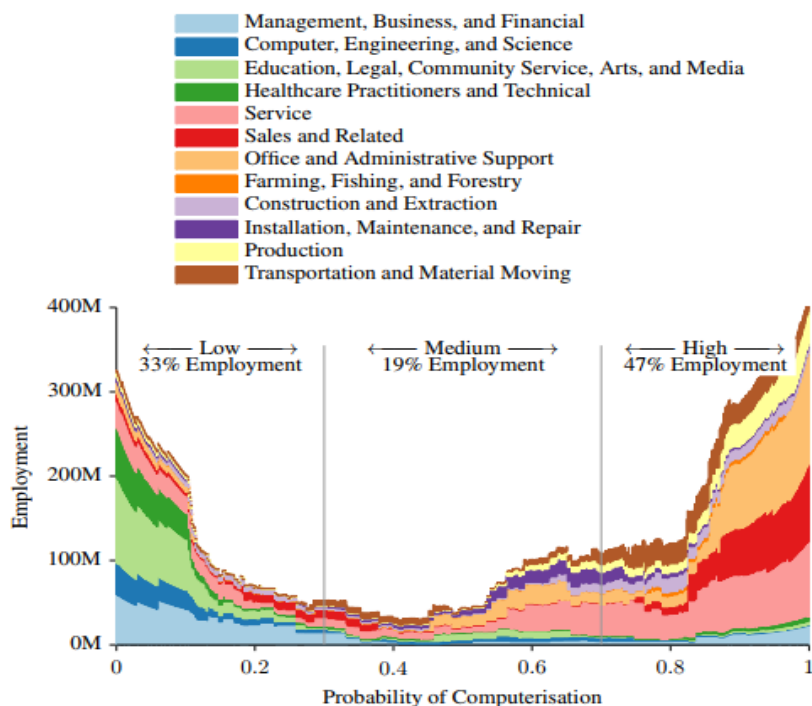
PROBABILIDAD	OCUPACIÓN
0,0031	Salud mental y trabajadores sociales de abuso de sustancias
0,0040	Coreógrafos
0,0042	Médicos y cirujanos
0,0043	Psicólogos
0,0055	Gestores de recursos humanos
0,0065	Analistas de sistemas de cómputo
0,0077	Antropólogos y arqueólogos
0,01	Ingenieros marinos y arquitectos navales
0,013	Gerentes de ventas
0,015	Altos ejecutivos

Fuente: Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, Universidad de Oxford, 2013.

Las investigaciones concluyen que alrededor del 47% de los empleos de Estados Unidos están en riesgo, quizá en la próxima década o dos, dicho riesgo se caracterizase por un alcance mucho más amplio de la destrucción del empleo a un turno mucho más rápido que los cambios del mercado laboral experimentados en anteriores revoluciones industriales.

Además, la tendencia es hacia una mayor polarización en el mercado laboral. El empleo crecerá en puestos de trabajo cognitivos y creativos de altos ingresos y en ocupaciones manuales de bajos ingresos, pero disminuirá con fuerza para los empleos rutinarios y repetitivos de ingresos medios. (Schwab, 2016)

Ilustración 1 - Sustitución del empleo



3

³ Fuente: C. B. Frey y M. A. Osborne, "The future of employment. How susceptible are jobs to computerization?"

No es solo la capacidad creciente para manejar algoritmos, robots y otras formas de activos no humanos lo que está impulsado esta sustitución. Michael Osborne (2013), observa que un factor crítico que permite la automatización es que las empresas hayan trabajado arduamente para definir mejor y simplificar el trabajo en los últimos años, como parte de sus esfuerzos por subcontratar interna y externamente, algo que les ha permitido crear empleo digital.

Esta simplificación laboral significa que los algoritmos, a diferencia de años atrás, se encuentran en mejores condiciones de reemplazar a los seres humanos. Tareas discretas y bien definidas conducen a una mejor supervisión y a datos de mayor cantidad sobre la tarea lo cual crea una mejor base a partir de la cual los algoritmos se pueden diseñar para hacer el trabajo. (Schwab, 2016)

Al pensar en la automatización y el fenómeno de la sustitución, como demuestra el trabajo de Frey y Osborne (2013), es casi inevitable que la nueva revolución industrial tenga un gran impacto en los mercados laborales y centros de trabajo de todo el mundo, pero esto no significa que nos estemos enfrentando a un dilema del hombre contra la máquina.

De hecho, y como marca Schwab (2016), en la gran mayoría de los casos la fusión de tecnologías digitales, físicas y biológicas que generan los cambios actuales servirá para mejorar el trabajo humano y la cognición, lo que no significa que los líderes deben preparar su fuerza de trabajo y desarrollar modelos de educación para trabajar con máquinas cada vez más capaces, más conectadas y más inteligentes.

6.4. Modificación en la naturaleza del trabajo

Hoy, la economía bajo demanda esta fundamentalmente alterando la relación de las personas con el trabajo y el contexto social en el que se encuentran. Cada vez más empleadores recurren a la nube humana para hacer las cosas. Las actividades profesionales se dividen en tareas precisas y proyectos discretos, y son entonces lanzadas a una nube virtual de aspirantes a trabajador ubicados en cualquier parte del mundo.

Se trata de la nueva economía bajo demanda, en la cual los proveedores de mano de obra ya no son empleados en el sentido tradicional, sino más bien trabajadores independientes que realizan tareas específicas, como Arun Sundararajan (2015), profesor de la Escuela de Negocios Stern de la Universidad de Nueva York, lo expresa.

Las ventajas en la economía digital son fundamentalmente para las empresas y en especial para las start-ups de crecimiento rápido. Dado que las plataformas de la nube humana clasifican a los trabajadores como independientes, están – por el momento – exentas del requerimiento de pagar salarios mínimos, impuestos como empleadores y prestaciones sociales.

Como explica Daniel Callaghan (2015), en la actualidad las empresas pueden contratar a los mejores talentos cuando quieran, por el tiempo que quieran y bajo las condiciones que quieran. Y dado que no son empleados, no tienen que lidiar con problemas de empleo y regulaciones.

Por otro lado, para los proveedores de mano de obra que están en la nube, las principales ventajas residen en la libertad (de trabajar o no) y la movilidad de la que disfrutan por pertenecer a una red virtual global. Algunos trabajadores independientes ven esto como una combinación ideal entre aumento de la libertad, menos estrés y mayor satisfacción en el trabajo Daniel Callaghan (2015). Aunque la nube humana aún está en sus inicios, ya hay pruebas anecdóticas sustanciales que implican una deslocalización silenciosa (silenciosa porque las plataformas de la nube humana no están registradas y no tienen que revelar sus datos).

Reconociendo el nuevo contexto en el cual se encuentra la reconocida puja de poderes entre empleado y empleador, Lynda Gratton (2011), plantea dos preguntas, las cuales muestran los dos extremos del cruce de intereses laborales: ¿Es este el comienzo de una revolución de trabajo nuevo y flexible que empoderará a cualquier individuo que tenga una conexión a internet y que eliminará la escasez de capacidades? ¿O activará el inicio de una carrera inexorable hacia debajo de un mundo de fábricas virtuales con una explotación exagerada?

Para Gratton (2011), de prevalecer el poder de los empleadores existirá una clase social de trabajadores que van de tarea en tarea para satisfacer sus necesidades, mientras sufren una

pérdida de derechos laborales, capacidad para negociar sus derechos y seguridad laboral. Por lo cual el desafío al que se enfrenta esta sociedad es idear nuevas formas de contratos sociales y de empleo que se adapten a la fuerza de trabajo cambiante y a la naturaleza cambiante del trabajo.

El deber de la actual sociedad económicamente activa, es limitar las desventajas de la nube humana, en términos de posible explotación, sin reducir el crecimiento del mercado laboral ni impedir que las personas trabajen como elijan hacerlo. De no conseguirse, la nueva revolución industrial podría llevar al lado oscuro del futuro del trabajo.

Todo depende de las políticas y las decisiones institucionales que se tomen. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que podría producirse una reacción negativa legislativa, de tal modo que reafirme el poder de las autoridades en el proceso y agote las fuerzas de adaptación de un sistema complejo.

CAPÍTULO 2: Estado actual de la cadena de suministro

1. Descripción de la cadena de suministro

La existencia de redes logísticas estructuradas según el actual modelo de producción puede ser modificada con la nueva revolución industrial. De haber modificaciones en las metodologías de fabricación puede traer como consecuencia una redefinición en los actores protagónicos de la manufactura, y con ello cambiar los emplazamientos de las grandes industrias, y esto traer una reestructuración de las redes logísticas.

1.1. Definición de conceptos

Lo primero a resolver es conocer a qué refiere el término logística.

“La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes.”. (Ballou, 2004, p. 4)

Luego de reconocer que la logística es, tan solo, una parte de un proceso, surge la necesidad de definir este nuevo concepto, la administración de la cadena de suministro.

“La administración de la cadena de suministros (SCM⁴), es la integración de las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, mediante mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministros para alcanzar una ventaja competitiva sustentable”. (Robert B. Handfield y Ernest 1. Nichols Jr., 1999, p. 2).

La necesidad de estos procesos surge de manera natural, debido a que las fuentes de materia primas, emplazamientos fabriles y puntos de ventas no se encuentran normalmente ubicados en

⁴ Por sus siglas en inglés Supply Chain Management

el mismo lugar, requieren de un canal de flujo que conecte de manera física cada uno de estos puntos.

1.2. Las actuales fuentes de valor en la logística y la cadena de suministro

En un entorno tan competitivo como el actual el simple hecho de almacenar y realizar transportes no basta para sobresalir en el mercado de la cadena de suministros, si así fuera un gran número de empresas no requerirían agentes externos a las mismas para que gestionen sus operaciones logísticas. Como en todo negocio existen dos variables fundamentales a controlar, por un lado, están los costos y por otro se encuentra la generación de valor mediante las operaciones.

La creación de valor dentro de la cadena de suministros cumple un rol fundamental y su cumplimiento determina el nivel de éxito de muchas empresas. Pero, la generación de valor no solo es generada para los clientes, sino también para proveedores y accionistas de la empresa. Debido a la naturaleza de la logística, este valor se encuentra expresado, generalmente, en términos de tiempo y lugar. Ballou (2004), destaca que los productos y servicios no tienen valor a menos que estén en posesión de los clientes cuándo (tiempo) y dónde (lugar) ellos deseen consumirlos. Debido a esto, existen muchas empresas alrededor del mundo que entienden que la logística se ha vuelto un proceso cada vez más importante al momento de añadir valor.

1.3. Costos operativos

Toda empresa reconoce la importancia de mantener controlados sus costos, pero en las empresas logísticas muchas veces dicho indicador tiene una cuota mayor de complejidad a la hora de calcularlo, es decir, no solo se encuentran los costos explícitos, sino también los implícitos dentro de los cuales se destacan los costos de oportunidad a la hora de tener grandes almacenes operando.

Esta complejidad hace que en la actualidad diversos estudios dedicados a calcular los costos logísticos mundiales, presenten valores muy dispares, lo cual hacen difícil una estimación certera acerca los costos incurridos a la hora de hacer operaciones logísticas.

Los estudios presentados por Ballou (2004) comentan que, el Fondo Monetario Internacional (FMI), ha resuelto que el promedio de los costos logísticos gira en torno al 12% del producto nacional bruto del mundo. Por otra parte, Robert Delaney, quien ha investigado costos logísticos por más de dos décadas, estima que los costos de la logística para la economía de Estados Unidos son de 9.9% del producto nacional bruto (PNB) de ese país.

Si se realiza el análisis para una empresa, los costos logísticos se extienden de 4% hasta superar el 30% del volumen de sus ventas. Ballou (2004), sostiene que, aunque dichos resultados demuestran que los costos de distribución física rondan el 8% de las ventas, los mismos no incluyen los costos de suministro físico. Con esto queda demostrado que los costos logísticos, por importantes que sean, ocupan una segunda línea para los costos empresariales, debajo de los costos de los bienes vendidos.

1.4. Tiempos de cambio y nuevas necesidades logísticas

En el mismo sentido que la creación de valor y el control de bajos costos operativos, aparece la necesidad de operar en tiempos menores y con niveles de error por debajo de 1 cada 1000, sin dejar de lado el incremento en la personalización.

Existe un acortamiento de tiempo de respuesta esperado por los clientes, y esto se debe fundamentalmente a tres factores clave: Internet, los procedimientos de operación a tiempo y el continuo reaprovisionamiento de los inventarios.

Herbert W. Davis y William H. Drumm (2002) realizaron un estudio, en donde encuestaron a cientos de compañías, para entender el tiempo promedio del ciclo de pedidos de cada una de estas empresas. Los resultados arrojaron que las grandes empresas logísticas cuentan con un tiempo de ciclo de siete a ocho días y porcentajes de reaprovisionamiento de artículos de línea de 90 a 94%.

1.5. Estado actual de las líneas de suministros y de distribución

Parte fundamental de la descripción de la actual cadena de suministros es reconocer la manera en la que se crean las conexiones globales y la razón de ser de las mismas.

En la actualidad existe una integración de la red de manera que en muy pocos casos existen clúster, en los cuales conviven empresas que funcionan como proveedores-cliente entre sí y, por el contrario, se encuentran dispersas globalmente explotando estrategias organizacionales principalmente por fuentes de materia prima o costos de mano de obra.

En un estudio realizado por el Departamento de Organización de Empresas (2005) de la Universidad Politécnica de Valencia se describen las distintas variables a tener en cuenta para la ubicación de una planta productiva:

- Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado, bien creando una nueva en algún otro sitio.
- La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática análoga.
- Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda.
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones. Este es el caso que se produce en empresas de extracción cuando, al cabo de los años, se agotan los yacimientos que se venían explotando.

- La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- La presión de la competencia, que, para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
- Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados, o en las condiciones políticas o económicas de una región son otras posibles causas de relocalización.
- Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás.

Al reconocer la estructura globalizada de los mercados, surge la necesidad de redes integrales, es decir, las empresas trazan estrategias globales, en donde cada nodo de producción o almacenamiento de producción juega un papel de suma importancia.

A su vez, las líneas de suministros y de distribución se han ampliado si las comparamos con los antiguos artesanos de tiempos previos a la primera revolución industrial. Parte de esta ampliación de las líneas de suministros y de distribución fue dada de manera natural por la búsqueda de las empresas en reducir los costos, pero por otro lado fue animada por acuerdos políticos que promueven el comercio. Ejemplos de esto último son la Unión Europea y los acuerdos económicos comerciales entre diversos países de América del Sur (MERCOSUR).

Pero Balou (2004), sostiene que hasta un fenómeno tan importante como la globalización y la internalización, están sujetas a la optimización de las operaciones logísticas, ya que dependen de la visión más a nivel mundial de las operaciones que tengan las empresas. Si esto ocurriese, se acrecentaría la importancia de la logística dentro de la empresa, ya que, por ejemplo, los costos

de transporte crecerán marginalmente, pudiendo llegar a ser una parte mayoritaria de la estructura total de costos, siempre dependiendo de la gestión de la estrategia establecida.

Otra variable importante es el reconocimiento de las empresas de la necesidad de diferenciarse de sus competidores, para ello cada una toma sus propios caminos, pero pocas reconocen la importancia de incluir en dichas estrategias a la cadena de suministros. La diferenciación por producto es la práctica habitual en las empresas y muchas de las cuales, ven a la cadena de suministros como un costo asociado, pero sin posibilidad de diferenciación en ella. Si se pensara en el servicio al cliente, la administración empresarial, reconocería que la logística y la cadena de suministros, pueden aportar un grado diferenciador con sus competidores.

Ballou (2004), asegura que la dirección empresarial está en posición de usar esto de manera efectiva, para penetrar nuevos mercados, incrementar el *market share*, y para aumentar los beneficios. Es decir, una buena dirección de la cadena de suministros puede no sólo reducir costos, sino también generar ventas.

La oportunidad de generar ventas, viene dada sobre el nivel de participación que tiene la cadena de suministro en la gestión de un negocio. Kotler (2008), sostiene que un negocio crea cuatro tipos de valor en los productos: forma, tiempo, lugar y posición. El primero de ellos, la forma, es creada por la manufactura, la industria, al convertir materia prima en productos tangibles o servicios. Por su parte, la cadena de suministros, genera los siguientes dos valores: el tiempo y lugar, ya que su gestión se ocupa de que el flujo de los productos permita a los clientes, finales o intermedios, disponer de los mismos. Por último, Ballou (2004), comenta que el valor de posición se crea ayudando a los clientes a adquirir el producto mediante mecanismos como la publicidad, el apoyo técnico y los términos de venta (fijación de precios y disponibilidad de crédito).

1.6. Personalización y velocidad, impactos en la cadena de suministros

Un punto de mejora que presenta la nueva revolución industrial, es el empoderamiento que le brinda al consumidor, al permitirle personalizar los productos. Por otro lado, surge la reducción

en los tiempos de obtención de productos. Por lo cual, desarrollar soluciones sobre estas dos variables, es fundamental para poder mitigar el impacto que puede tener la revolución sobre el actual paradigma de la cadena de suministros.

En su estudio, Ballou (2004), comenta que la necesidad de los consumidores de acortar los tiempos, viene dada por la celeridad con la que se opera en la actualidad, y el nivel de acceso a servicios de respuesta rápida. Siguiendo con este análisis, asegura que las metodologías de fabricación flexibles, hicieron posible pasar de la economía de escala, en donde el consumidor debía adaptarse a lo producido, hacia la producción con bajos niveles de stock y productos a la medida del consumidor. Esto representa un doble desafío para la cadena de suministros, ya que el movimiento en masa simplifica la gestión logística y de almacenamiento, por el contrario, si se gestionan productos a nivel unitario, su gestión se torna más compleja. Si a esto se le agrega la reducción en los tiempos de ciclos de los procesos, se puede afirmar que la actual cadena de suministros se verá obligada a adecuar sus operaciones.

2. Análisis cualitativo de la actual cadena de suministro

En la actualidad, las principales compañías dedicadas a la cadena de suministros a nivel mundial, están tomando decisiones que pueden afectar la vida cotidiana de las personas. Es objetivo de este subcapítulo reconocer las tendencias adoptadas por los grandes protagonistas de esta industria. De esta manera se va a reconocer el comportamiento a futuro que acompañará a los movimientos producidos por la nueva revolución industrial.

Al igual que todos los fenómenos, todo es causa y consecuencia, el modo de actuar de las grandes empresas de logística del mundo, tiene un gran porcentaje de causa raíz en los cambios tecnológicos propuestos en estos tiempos, entonces queda obsoleta la definición que gran parte de la sociedad adopta como válida para el concepto de logística que aún hoy, lo piensan como sinónimo de transporte con camiones, barcos y almacenaje en grandes naves. Paradójicamente, pocas veces un sector tantas veces definido como tradicional, en el mal sentido de la palabra, es uno de los que más variedad de nuevas tecnologías tiene en sus procesos.

En un artículo publicado por el diario El Mundo⁵, grandes empresas del mercado como DHL, MRW o Correos, aseguran que el modelo de negocio es cada vez menos Business-to-Business (B2B) y más Business-to-Consumer (B2C). Óscar Álvarez (2017), el director general de operaciones de MRW, sostiene que la estrategia de su compañía, es eliminar a los intermediarios, con el objetivo de poder acceder de manera directa hacia el consumidor final.

Por su parte, el vicepresidente tecnológico de la cadena de suministros de DHL para Europa, Xavi Esplugas (2017), reconoce que el modelo tradicional de la logística se vio alterado, por un lado, por los nuevos modelos de consumo, pero también por los modelos económicos. Al nuevo formato, que según Esplugas (2017), es necesario que la logística adopte, lo denomina omnicanalidad. Entendiendo por ello que se genera la necesidad de conseguir, la mayor cantidad de canales posibles, para satisfacer las necesidades de los consumidores. Además, el vicepresidente tecnológico de la cadena de suministros de DHL, se muestra de acuerdo con la eliminación de la verticalidad manifestada por Álvarez (2017), y la necesidad de llegar hasta el consumidor final.

Por su parte, Jordi Escruela (2017), subdirector de innovación de Correos, aclara la necesidad de acceder al consumidor final. Para él, es fundamental conocer las necesidades de los consumidores, para de esta manera poder satisfacer sus necesidades. Aunque Escruela (2017), no descarta un formato B2B2C.

Lo que cambia es que hasta la fecha no existía una relación digital con el cliente, y eso es lo que buscan los principales protagonistas de las empresas logísticas. Para Escruela (2017), la palabra clave es “*ecommerce*”. Al aumentar este nuevo modelo de negocio, ecommerce, aumenta lo que se denomina servicio de entrega de última milla, es decir, la entrega hacia los consumidores finales. Pero, esto trae como consecuencia la saturación de las redes de distribución, entonces el desafío está en aplicar nuevas metodologías basadas en nuevas tecnologías, para poder resolver la demanda social.

⁵ <http://www.elmundo.es/economia/innovadores/2017/06/12/593e55e322601d79628b4635.html>

La tecnología, en definitiva, ha pasado a ser un actor esencial, y por ello, como explica Esplugas (2017), tan solo durante el año 2014, la compañía DHL invirtió 600 millones de dólares en startups capaces de encontrar soluciones a la problemática actual y generar nuevos modelos de negocios. Pero, esto se sostuvo en el tiempo, y la misma empresa, durante el 2016 invirtió 2.800 millones de dólares en búsqueda de esos mismos objetivos.

A partir de aquí, los nombres propios y los distintos usos se suceden. Jordi Escruela habla de la nueva aceleradora de startups Correos Lab, y de la experiencia de Correos Paq, un concepto de taquillas colocadas en puntos estratégicos de la ciudad que se abren mediante un código impreso o guardado en el móvil, previa gestión on line.

Óscar Álvarez (2017), de MRW, señala que se ha añadido la tecnología a toda la planificación de rutas troncales, así como a conseguir herramientas de predicción que impliquen la mejora del servicio. En el caso de DHL, la digitalización ha segmentado la compañía en 18 áreas: Internet de las Cosas, Machine Learning, robots colaborativos, vehículos autónomos o drones, son algunas.

El profesor del departamento de operaciones, innovación y data science de Esade, Jaume Hugas (2017), opina que el problema es conceptual, que el modelo ecommerce no es posible atenderlo con las metodologías actuales de trabajo. Los nuevos modelos de negocios, exigen una reinención por parte de los antiguos almacenes llenos de pallets y auto elevadores.

En el SIL Innovation Zone, el centro i2Cat presenta unas gafas de realidad virtual que permiten acceder a información adicional de utilidad para el operario de un almacén; un sistema que usa tecnología Ultra Wind Band para identificar y localizar paquetes en tiempo real, y la estrella, un robot guiado por luces LED que permite que un vehículo autónomo pueda navegar sin impedimentos dentro del recinto. En el SIL Smart & Tech, a su vez, Datalog, presenta un dispositivo que utiliza Internet de las cosas y Cloud para hacer un seguimiento on line del producto que se transporta, y Navlandis, un contenedor plegable que podría ahorrar 10 millones de dólares al año.

En paralelo a tanta propuesta tecnológica, los grandes actores vigilan los cambios en el mercado que podrían modificar su actividad. Se incorpora al debate la economía colaborativa. Lo que sería el Uber para la logística.

“Vemos que sí que existirán nichos para esta actividad, pero en el *“core”* de nuestro negocio no me puedo imaginar a 2.000 Uber esperando en la puerta de los almacenes. En los próximos años van a aparecer nuevas soluciones y se tendrá que buscar el modo de resolver la demanda de la economía colaborativa” (Esplugas y Escruela, 2017)

En lo que todos los ejecutivos coinciden es en que el mercado cambiará. Entonces entendiendo que la industria de la cadena de suministros está respondiendo a las necesidades del mercado mediante la aplicación de nuevas tecnologías, para adaptarse al cambio y no quedar en obsolescencia, aparece la señal de que la industria de la logística busca redefinirse en vistas de la mutación que refiere la nueva revolución industrial. El desafío está planteado en si será posible o no, y de qué manera hacerlo.

3. Análisis cuantitativo

3.1. Diagnóstico del sector

El presente informe explora los negocios de servicios brindados en la cadena de suministros por distintos operadores. Estos servicios incluyen las funciones del transporte, almacenamiento, distribución y el agregado de valor en la cadena de comercialización. Los servicios logísticos integrales comprenden el gerenciamiento, la operación, la administración y el control de los bienes de cambio, desde el productor hasta el cliente o consumidor. Se excluye el transporte por ductos, ferroviario, fluvial y lacustre.

En cuanto, a transporte de cargas la definición del mercado se consigna en el siguiente cuadro:

Tabla 3 - Diagnóstico del sector

Criterio	Incluido	Excluido
Medio de Transporte	Automotor (camión*1, camioneta, pequeños utilitarios, etc.)	FFCC, aéreo, marítimo, fluvial, ducto
Modalidad de prestación	Transporte a terceros o tercerizado*2	Transporte propio o autoprestado*3
Servicios	Transporte y servicios de soporte indispensables para tal flujo*4	Servicios conexos no indispensables para el transporte*5
Ámbito de prestación	Doméstico urbano, Doméstico interurbano e Internacional	- - -
Residencia de transportista y cliente*6	Residente-Residente; No Residente-Residente; Residente-No Residente	No Residente-No Residente[1]

Fuente: Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN

(*1) Camión: incluye unidades motrices (tractor, chasis) y de arrastre (semi, furgón, etc.)

(*2) Prestado por una entidad (transportista) a otra entidad (dador de carga o cliente) que terceriza el servicio

(*3) Prestado por la propia entidad que emplea el servicio; no forma parte del mercado de servicios de transporte

(*4) Consolidación, almacenamiento temporario mercadería en tránsito, cross docking, custodia de la mercadería, etc.

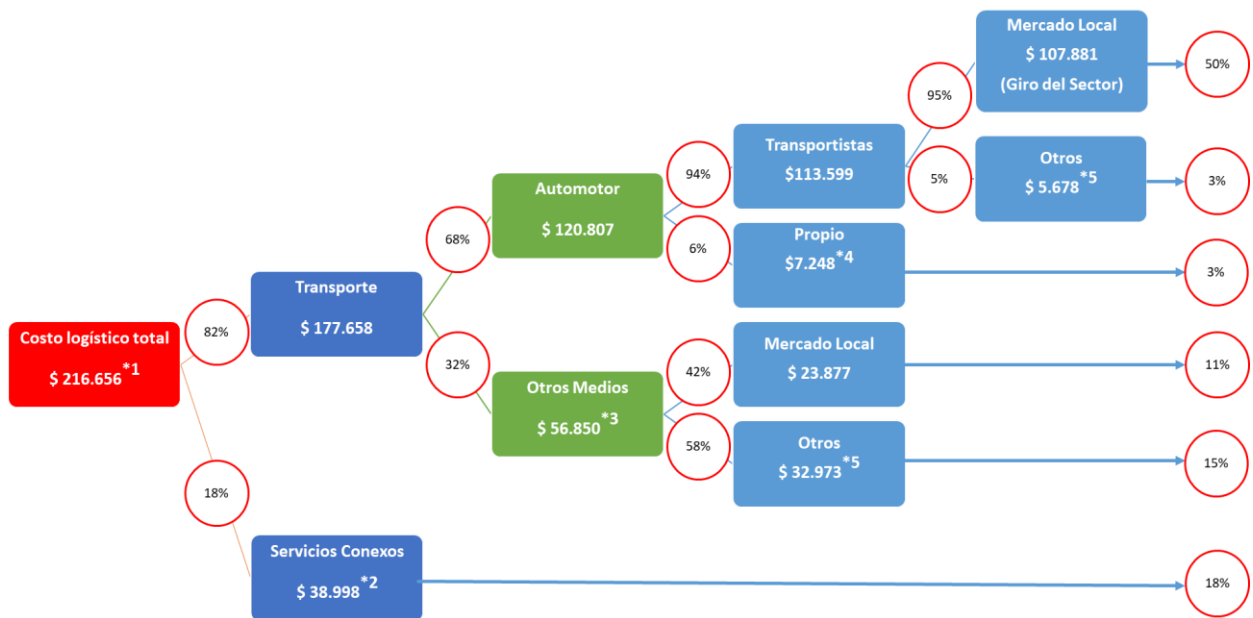
(*5) Principalmente asociados a warehousing (gestión de stocks, picking, packing, kitting, armado de pedidos, etc.)

(*6) Cuando ambos son residentes, es producción de fletes comercializada al mercado interno; cuando el transportista es residente y cliente es no residente, es producción de servicios de transporte exportados; cuando el transportista es no residente y cliente es residente, es importación de servicios de transporte; cuando ambos son no residentes, no forma parte del mercado argentino de servicios de transporte

3.1.1. Caracterización del Sector – Identificación del Mercado

Costo logístico total en la economía argentina y facturación del negocio del sector de transporte automotor de carga en Millones de Pesos, Año 2015:

Ilustración 2 - Costos logísticos



6

(*1) Compuesto por fletes de transporte doméstico e internacional, considerando tanto el prestado por empresas transportistas como el auto prestado o “propio”, abarcando todos los medios de transporte, e incluyendo servicios conexos al transporte.

(*2) Actividades conexas de almacenamiento, manipuleo de carga y operatoria de puerto y aeropuertos.

(*3) Incluye transporte aéreo, marítimo, fluvial y ferroviario. Excluye transporte por ductos.

(*4) Representa el transporte automotor efectuado por la propia entidad que demanda el servicio, por lo que no forma parte del mercado de servicios de transporte, sino que es un componente de las actividades desarrolladas por tal entidad.

(*5) Representa los fletes de transporte prestados por transportistas No Residentes a clientes No Residentes, por lo que no forma parte del mercado argentino de servicios de transporte.

3.1.2. Dimensionamiento del sector de cargas

Transporte automotor de carga: estructura de la oferta por segmento

⁶ FUENTE: Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN

Tabla 4 - Dimensionamiento del sector de cargas

		Facturación 2015 en millones \$	Facturación 2016 - Estimado en millones \$	Empresas (en miles)	Empleo (en miles)
TOTAL DEL SECTOR		107.881	144.288	221,6	465
Según ámbito de prestación	<i>Dóместico</i>	101.408	135.631	96,0%	94,0%
	<i>Internacional</i>	6.473	8.657	4,0%	6,0%
Según tipo de oferente	<i>Transportistas</i>	95.138	127.694	99,9%	93,0%
	<i>Operadores logísticos</i>	12.742	16.595	0,1%	7,0%

Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, Observatorio de Empleo del Ministerio de Trabajo de la Nación, CATAC, UTN, CEDOL, FADEEAC

Nota: Operadores logísticos: Facturación en concepto de Transporte. Excluye warehousing y servicios conexos (control de stocks, picking, packing, etc.).

Transporte automotor de carga: evolución de la facturación del negocio

- En miles de millones:

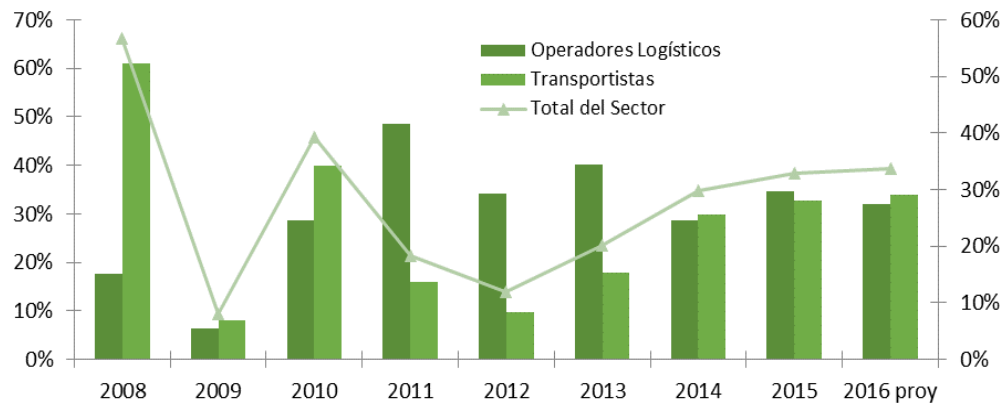
Ilustración 3 - Transporte automotor de carga



Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN, CEDOL, FADEEAC.

- Tasa de crecimiento interanual:

Ilustración 4 - Tasa de crecimiento anual



Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN, CEDOL, FADEEAC.

3.1.3. Dimensionamiento del sector de logística

Tabla 5 - Dimensionamiento del sector de logística

Caracterización del negocio	2012	2013	2014	2015	2016 est
Dimensionamiento					
Facturación del Negocio - mll \$	9.500	12.600	16.300	21.200	28.000
Segmentación –mll \$					
Distribución y Transporte	5.324	7.468	9.660	12.932	17.080
Almacenamiento	3.201	3.978	5.146	6.784	8.960
Otros Servicios	975	1154	1493	1484	1960
Tasa de Crecimiento interanual	29%	33%	29%	30%	32%
Variables Sectoriales					
Personal Ocupado	28.200	29.000	30.000	32.500	32.000
Rentabilidad del Sector (Resultado/Ventas)	3,90%	0,0345	0,0325	1,6% (est)	

Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN, CEDOL, FADEEAC.

Transporte automotor de cargas: Matriz FODA

Tabla 6 - Análisis FODA del transporte automotor de cargas

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
▪ Gran tamaño del mercado. ▪ Empresas líderes dotadas de adecuado <i>know how</i> e infraestructura. ▪ Amplia tercerización del transporte en la economía local. ▪ Importantes ventajas comparativas frente a medios sustitutos de transporte, en cuanto a capilaridad y flexibilidad. ▪ Alta capacidad para usufructuar los períodos de crecimiento económico.	▪ Desarrollo de servicios logísticos conexos extrasectoriales de mayor valor agregado (warehousing, packing, line feeding, kitting, JIT, aduana, etc.). ▪ Mejora en la red vial argentina y su nexo con las redes de países limítrofes. ▪ Desarrollo del comercio del país con países limítrofes. ▪ Mayor desarrollo del intermodalismo.
DEBILIDADES	AMENAZAS
▪ Alto grado de atomización de la oferta. ▪ Déficit de inversión en renovación de flotas (empresas) e infraestructura vial (Estado). ▪ Falta de políticas públicas hacia el sector. ▪ Alto grado de siniestralidad (robo de mercaderías, accidentes de tránsito, etc.). ▪ En transporte internacional, desventajas competitivas frente a transportistas de Brasil.	▪ Fuertes incrementos de costos y creciente dificultad para transferir aumentos de costos a precios. ▪ Mayor desarrollo de medios sustitutos más económicos en transporte de media y larga distancia (FFCC y transporte fluvial). ▪ Conflictividad sindical. ▪ Recesión en el nivel de actividad. Caídas en importantes sectores dadores de carga.

Fuente: Key Market, con información propia y de INDEC, Ministerio de Economía, CATAC, UTN, CEDOL, FADEEAC.

Caracterización del sector:

Se trata de un mercado maduro con una cantidad de competidores estable. Durante el año 2015 la facturación del negocio alcanzó los \$ 21.200 millones.

Por otra parte, este crecimiento de facturación no es acompañado por alzas de rentabilidad y los operadores logísticos se encuentran con muchas dificultades al momento de trasladar los incrementos a las tarifas pactadas con los dadores de carga. En muchos casos, estos últimos tienen productos sujetos a controles de precios y tampoco cuentan con la oportunidad de trasladar estos mayores costos a sus precios.

Por lo tanto, y según el análisis realizado por Key Market, muchas empresas del sector perciben como atractivas las siguientes opciones: expansión regional, encabezada por algunos operadores líderes y, en muchos casos, acompañando a clientes o incremento del valor agregado de los servicios actuales con mayor involucramiento en la cadena de valor del cliente.

Especialización:

La participación por funciones o servicios de la actividad logística fue la siguiente:

- Transporte y Distribución: 61 %.
- Almacenamiento: 32 %.
- Otros: 7 %.

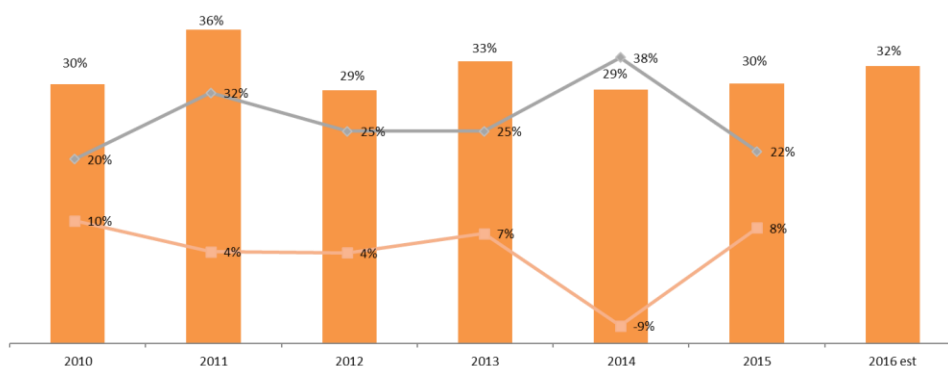
ANÁLISIS TOP – DOWN		
	Valor Agregado	
	Año 2014	Año 2015
Almacenamiento, Distribución y Transporte INTERPRETACIÓN MÍNIMA	\$245.074	\$328.266
Actividades Tercerizadas	\$162.974	\$216.656
Solo actividades terrestres y sin	\$94.432	\$125.536
OPERADORES INTEGRALES DE LOGÍSTICA	\$16.300	\$21.200
Sumatoria de las facturaciones de las empresas (~125)		
ANÁLISIS BOTTOM - UP		

Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

- Evolución de la actividad - Crecimiento Anual

La evolución de la facturación del negocio está compuesta por la variación volumen propia de la actividad y el costo logístico informado por CEDOL.

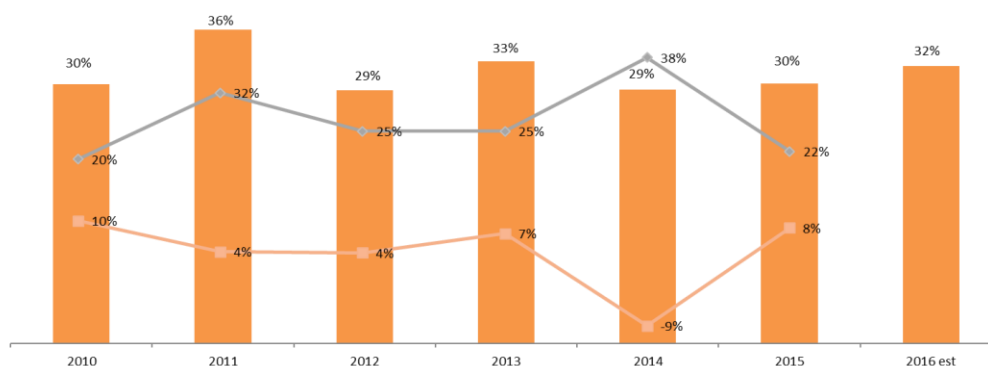
Ilustración 5 - Evolución de la actividad



Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

- Evolución de la segmentación por actividad / servicio

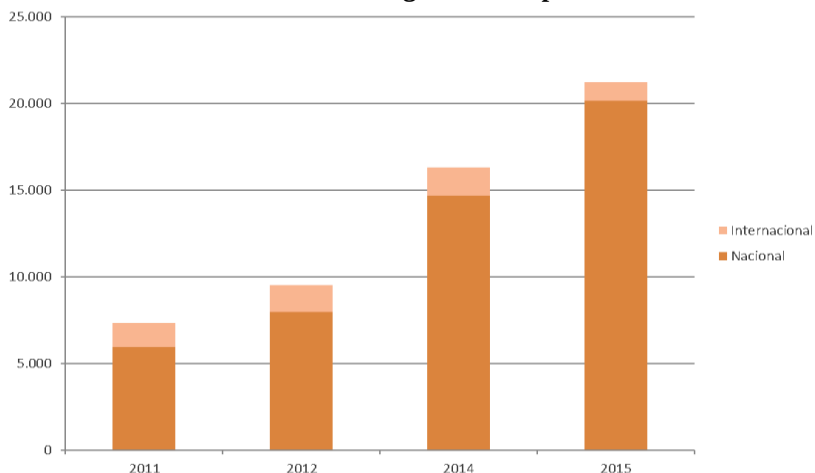
Ilustración 6 - Evolución de la actividad



Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

- Evolución de la segmentación por mercado atendido

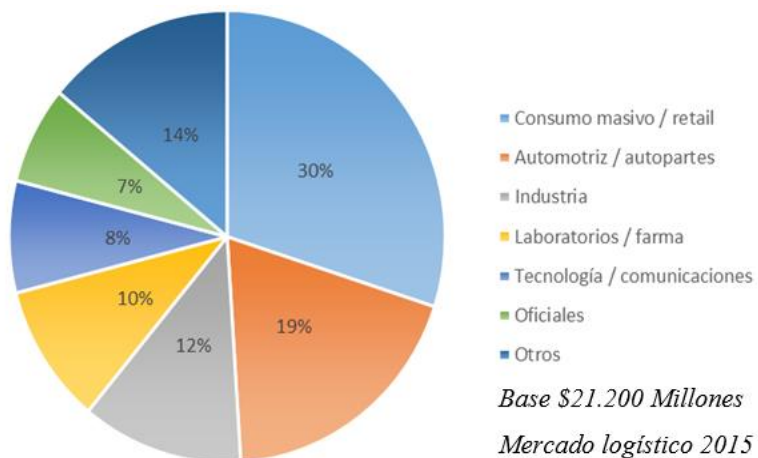
Ilustración 7 - Evolución de la segmentación por mercado atendido



Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

- Segmentación por industria demandante

Ilustración 8 - Segmentación por industria demandante

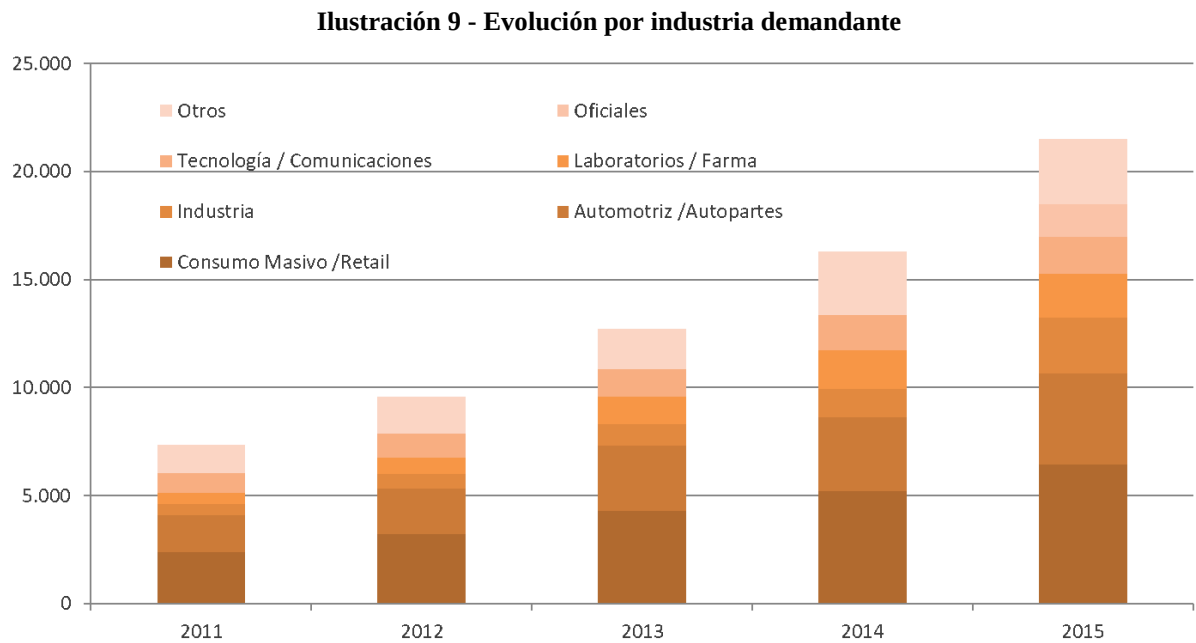


Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

Se aprecian variaciones en la distribución con respecto a años anteriores fundamentados en la evolución de las diferentes industrias durante el año 2015.

De esta forma, el sector automotriz y autopartista mantuvo su caída iniciada en 2014 cuando se vio obligado a disminuir la producción por las caídas en el mercado interno y externo, llegando a trabajar a un 45% de su capacidad instalada, en medio de un marco de reducción de personal, cesantías y retiros voluntarios.

- Evolución por industria demandante:



Fuente: Key Market, con información propia y de CEDOL

3.2. Proyección del sector

Se contemplan tres escenarios macroeconómicos a partir de 2016.

- Plan oficial. Aquí los objetivos planteados por la administración son alcanzados sin desvíos significativos: la inflación se reduce, el equilibrio fiscal se consigue y el país vuelve a la senda del crecimiento. Para esto, se pone a disposición una batería de medidas atendiendo a los limitantes que la administración encontró al asumir el poder: respetar un determinado perfil de gobierno, atender a demandas sociales postergadas en el periodo anterior y, al mismo tiempo, desarmar la política cambiaria y externa del kirchnerismo. El plan oficial, si bien es posible, resulta poco probable.
- Proyecciones Ecolatina. El mismo presenta desvíos respecto al plan ideal del gobierno, pero estos tienen que ver con tiempos y magnitudes, no contrastan significativamente con los lineamientos generales. En este marco, la inflación y el déficit fiscal se reducen, pero no a la velocidad esperada (no se llega a 2019 con esos objetivos cumplidos) y el crecimiento, si bien significativo, se mantiene en torno al 3,5% anual. Este escenario se presenta con mayor probabilidad de ocurrencia.
- Escenario de stress. Las presiones sociales tornan inviable el plan de gobierno. Las necesidades de aceptar aumentos salariales significativos dinamizan aún más la inflación al mismo tiempo que el aumento de las transferencias desde el sector público tornan imposible alcanzar la sostenibilidad fiscal. El clima de inestabilidad nominal funciona como un desincentivo a las inversiones y las exportaciones y no se logra crecer ni en 2016 ni en 2017. En este marco la fortaleza política del nuevo gobierno se reduce y se ve obligado a impulsar la actividad económica en base a consumo público y, en menor medida, privado. Este escenario es el de menor probabilidad de ocurrencia.

Tabla 7 - Proyección de principales sectores

Proyección de principales sectores								
Sector	Escenario	2015	2016e	2017p	2018p	2019p	2020p	2021p
PIB	Plan oficial	1,60%	-1,90%	5,00%	4,10%	4,20%	4,00%	4,20%
	Proyecciones Ecolatina			3,60%	3,00%	3,80%	3,00%	3,20%
	Escenario Stress			-1,10%	2,30%	2,40%	2,00%	2,20%
Consumo	Plan oficial	1,70%	-1,60%	3,40%	3,10%	3,90%	2,90%	3,60%
	Proyecciones Ecolatina			3,10%	2,40%	3,30%	2,70%	2,80%
	Escenario Stress			-0,70%	1,40%	2,30%	1,70%	2,30%
Industria automotriz	Plan oficial	-11,80%	-12,00%	11,00%	7,00%	6,00%	5,50%	5,00%
	Proyecciones Ecolatina			9,50%	6,00%	5,00%	4,00%	3,50%
	Escenario Stress			-1,60%	7,00%	4,50%	3,50%	3,50%
Industria excl. Automotriz	Plan oficial	0,50%	-2,60%	5,80%	4,20%	4,10%	3,70%	4,00%
	Proyecciones Ecolatina			3,40%	2,70%	3,50%	2,80%	3,00%
	Escenario Stress			-1,30%	2,30%	2,20%	1,80%	2,00%
Laboratorios y farmacia	Plan oficial	0,30%	-1,00%	5,90%	4,30%	3,80%	3,20%	2,80%
	Proyecciones Ecolatina			4,00%	3,20%	3,30%	2,70%	2,30%
	Escenario Stress			-0,60%	4,00%	3,00%	2,10%	1,70%

Fuente: Ecolatina en base a Key Market

3.2.1. Industrias de consumo masivo

La escalada de precios durante el primer semestre de 2016, luego de la devaluación del Peso y el aumento de tarifas, no será alcanzado por el aumento de los salarios en lo que resta del año. Es por ello que el poder adquisitivo del salario cae y, en consecuencia, el consumo cierra el 2016 en rojo.

En los años siguientes, la trayectoria del consumo depende de los escenarios planteados.

Bajo el plan oficial la inflación tiende al dígito hacia 2018 y el tipo de cambio se mantiene estable, por lo que se espera que el salario real mejore. Adicionalmente, la reactivación de la

economía a partir de 2017 disminuye el desempleo incentivando un crecimiento en el consumo del 3,4% promedio anual hasta 2021.

En el escenario de proyecciones Ecolatina, la recuperación de la actividad se logra también en 2017 pero con menor impulso. Las presiones nominales hacen que la inflación vaya desacelerándose en los próximos años, pero continúe siendo alta y, en consecuencia, el atraso cambiario se prolonga. De esta forma, la economía crece a tasas menores que en el Plan oficial y el consumo alcanza una tasa de crecimiento entre 2017 y 2021 del 2,9% promedio anual.

Con un escenario de stress, las presiones nominales se profundizan y la inflación continúa bajo una dinámica compleja, la actividad económica mostraría signos de recesión también en 2017, al tiempo que el poder adquisitivo de los salarios no se recuperaría significativamente. Bajo este esquema, en 2017 el consumo cae 0,7% anual. A partir de entonces comienza un proceso de crecimiento, pero desde un punto de partida inferior, es por ello que el consumo crece en este escenario un 1,9% promedio anual hasta 2021.

3.2.2. Industria automotriz

Los cambios en materia económica llevados a cabo en los últimos meses (salto cambiario y aumento de tarifas) y la mala performance que está atravesando Brasil profundizan en 2016 la recesión experimentada en los últimos años por el sector. La industria automotriz experimenta una caída de su producción en el orden del 12%.

En el plan oficial la evolución salarial y el dinamismo del empleo impulsarían las ventas de autos en el mercado interno y la recuperación de Brasil y la mejora en la competitividad, producto de una menor carga burocrática e impositiva, aumentarían las exportaciones. En consecuencia, se espera que la producción de autos crezca entre 2017 y 2021 un 6,9% promedio anual.

En el escenario de proyecciones Ecolatina, la actividad y los salarios se recuperan, pero a un ritmo menor. Asimismo, la reactivación de la industria automotriz es impulsada principalmente por el mercado interno, debido a que el Gobierno deberá mejorar la performance de la economía a través del consumo, dado que los niveles de inversión y los plazos no son los esperados, y a

que la competitividad se ve deteriorada producto del atraso cambiario. En el periodo 2017-2021 la producción automotriz crece a un ritmo promedio anual del 5,6%.

En el escenario de stress, la resistencia salarial pone un piso elevado al crecimiento de los precios y las metas establecidas en el plan oficial no se alcanzan, manteniendo la inflación en los dos dígitos bajo todo el periodo. Asimismo, una creciente desconfianza en el gobierno eleva la demanda de divisas, lo que genera un aumento nominal del tipo de cambio. Ambas situaciones, deterioran el poder adquisitivo y los salarios en dólares, afectando la demanda del sector. En este sentido, se espera que en 2017 la caída en la producción automotriz alcance el 1,6% y a partir de entonces, la producción crezca a una tasa promedio anual del 4,6%.

3.2.3. Sector industrial (excepto automotriz)

Frente a un año recesivo para la economía argentina, el sector industrial (excluido el automotriz) experimentará al cierre del 2016 una caída en el orden del 2,6%. El aumento significativo de costos y un mercado interno deprimido afectan al sector. Asimismo, la mala performance del principal socio comercial del país, Brasil, condiciona las ventas externas.

A partir de 2017, en el plan oficial la industria se ve impulsada por el aumento en la competitividad cambiaria. Adicionalmente, rebajas impositivas, mejoras en términos burocráticos y disminución de los costos de flete por la puesta en marcha de la infraestructura vial otorgan mayor competitividad al sector. Esto, sumado a un aumento del consumo a partir de mejoras en el poder adquisitivo, permiten al sector crecer entre 2017 y 2021 4,3% promedio anual.

Bajo las proyecciones Ecolatina, la mejora de la competitividad se ve afectada por un escenario con mayor atraso cambiario. Adicionalmente, se contempla un menor crecimiento del consumo, respecto del plan oficial, producto de un salario real que crece a un ritmo menor por el sostenimiento de altas tasas de inflación. En este marco, la industria presenta un menor dinamismo y crece al 3,1% promedio anual en el periodo 2017-2021.

En el escenario de mayores presiones nominales, el de stress, la industria no se recupera hasta 2018, experimentando un retroceso en 2017 del 1,3%. A partir de entonces el sector aumenta a un ritmo modesto del 2,1% promedio anual.

3.2.4. Sector farmacéutico

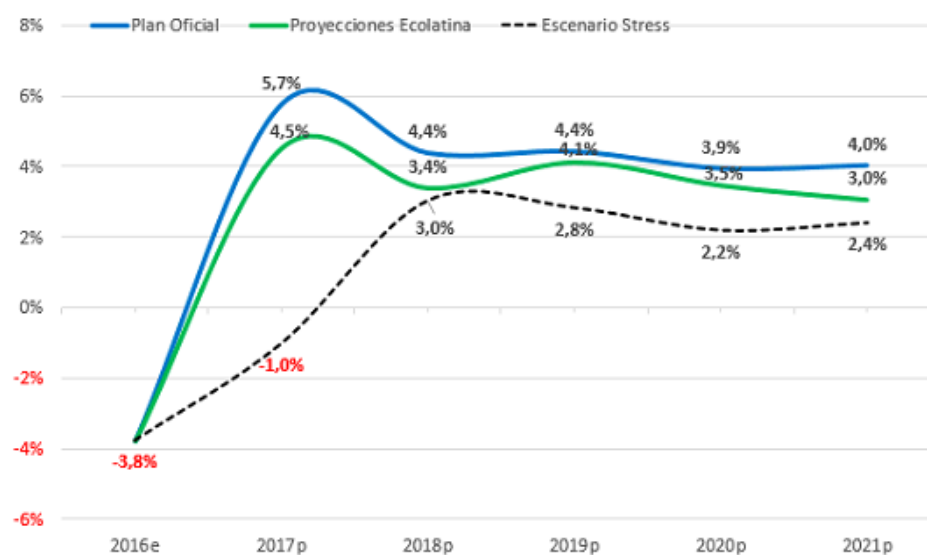
En el marco de un año de aumento del desempleo y caída del poder adquisitivo del salario, el sector de laboratorios y farmacia cierra el 2016 con una caída en su actividad del 1%.

En el plan oficial, la combinación de mejoras en el salario real, disminución del desempleo, y aumento del consumo, colocan al sector en una senda de crecimiento continuo en los próximos cinco años. Adicionalmente, el incremento de la formalidad laboral impulsada por una menor carga impositiva genera un crecimiento en la cobertura de obras sociales y, en consecuencia, la demanda del sector de laboratorios y farmacia se ve estimulada generando un crecimiento de la actividad del 4% promedio anual bajo el periodo 2017-2021.

Sin embargo, en un escenario de mayores presiones nominales (proyecciones Ecolatina) donde el poder adquisitivo del salario, el desempleo y la actividad experimentan mejoras más moderadas que en el escenario anterior, y en donde el gobierno encuentra restricciones para reducir las cargas impositivas por la persistencia de déficits significativos, la demanda del sector presenta un dinamismo más acotado. En consecuencia, la actividad de laboratorios y farmacia crece en torno al 3,1% promedio anual entre 2017 y 2021.

En el escenario de stress, el desempleo aumenta en 2017 de la mano de la persistencia en la tendencia recesiva de la economía, lo que se traduce en un retroceso del sector del 0,6%. En los años siguientes, el sector crece con mejoras en el PBI, los salarios reales y el desempleo, pero a una tasa promedio hasta 2021 del 2,7%.

Ilustración 10 - Sector de cargas y operadores logísticos por escenario



Fuente: Ecolatina en base a Key Market

3.3. Conclusión del sector logístico

Producto del retroceso en la actividad experimentado por los sectores clientes de cargas y operadores logísticos, se estima que este sector presentará una caída del 3,8% en 2016.

A partir de 2017 bajo el Plan oficial, el sector comienza una trayectoria de crecimiento sostenido impulsado por la mejor performance de los sectores clientes. En el periodo 2017-2021 logra una expansión del 4,5% promedio anual, explicado principalmente por el sector automotriz (+29% del crecimiento), y luego por el consumo (+23%).

Las Proyecciones Ecolatina contemplan un crecimiento más moderado de los sectores clientes, por lo que el sector de cargas y operadores logísticos crece a un ritmo del 3,7% entre 2017 y 2021. Nuevamente, el sector automotriz y el consumo se configuran como los principales impulsores del sector, explicando el 29% y 24% del crecimiento, respectivamente.

En el Escenario de stress, ninguno de los sectores clientes muestra reactivación en 2017, por lo que la actividad de cargas y operadores logísticos disminuye un 1% dicho año. No obstante, a

partir de 2018 la actividad repunta de la mano de la recuperación de los sectores clientes, creciendo un 2,6% promedio anual hasta 2021. En este marco, el sector automotriz explica el 32% del crecimiento del sector entre 2018 y 2021

Capítulo 3: ¿De qué trata la Nueva Revolución industrial?

1. La nueva revolución industrial y sus componentes

En el capítulo 1, se definió el concepto de revolución industrial, afirmando que se trata de un conjunto de acontecimientos, que preparan el camino a las innovaciones técnicas que caracterizan la época y que sirven de fundamento al desarrollo posterior.

Durante las anteriores revoluciones industriales, personajes históricos como F. Taylor, H. Ford o el propio K. Toyoda, han dado aportes que crearon nuevas metodologías de fabricación incluyendo cada una de las áreas de las plantas de producción y modificando las vidas de los trabajadores. Es decir, las transformaciones nacieron desde dentro de las organizaciones, pero siendo forzadas por un entorno que requería de dichas modificaciones.

La nueva revolución industrial nace no solo por la existencia de nuevas herramientas de producción que generan la reestructuración global de las habituales redes comerciales, sino que además son el producto de la última década en donde existieron numerosos avances en el campo de los “bits”.

El crecimiento del movimiento “on-line” en donde se busca la creación de valor a través de la interacción globalizada de muchas personas alrededor del mundo, es base fundamental para que existan en la actualidad un movimiento, que Anderson (2012), denomina “*Makers*”.

Lo que en los últimos 10 años se hizo con bits ahora se podrá hacer con átomos y eso es lo que trae una real diferencia en cuanto a lo económico, social, y fundamentalmente, productivo.

Como se ha dicho, históricamente, cuando comienzan las revoluciones industriales los cambios son globales y veloces. Anderson (2012), afirma que lo que se inicia como inventos, pasa a ser una innovación comercial, que da lugar a nuevos emprendedores que fundan empresas, y encuentran una salida económica en la demanda de los clientes que satisfacen sus necesidades. Al acelerarse este ciclo los cambios ya no son solo productivos, sino que también económicos y

sociales. En este punto, se incluyen las modificaciones, ya nombradas, en la naturaleza del trabajo, en donde se ha generado una nube de personas que ponen a disposición su fuerza de trabajo mediante nuevas herramientas y condiciones laborales.

En cuanto a las modificaciones tecnológicas, esta nueva revolución está compuesta por los siguientes avances: Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), impresión 3D, nanotecnología, ciencia de los materiales y muchos otros. Pero no es la suma de cada uno de estos lo que hace a la nueva revolución industrial, sino su propia confluencia. Este trabajo se limita a analizar solo aquellos cambios que tengan que ver con lo productivo, pero sin dudas es una parte de los cambios que ya están ocurriendo.

Aquí, se incluyen las tecnologías claves para que se dé la nueva revolución industrial, y su elección se basa en la investigación realizada por el Foro Económico Mundial, y en el trabajo de varios de los Consejos para la Agenda Global de dicho foro. Estas tecnologías están divididas en dos categorías fundamentales: físicas y digitales.

Físicas:

- Vehículos autónomos.
 - Robótica avanzada.
 - Nuevos materiales.
 - Impresión 3D.
- Vehículos autónomos: en esta categoría no solo se incluyen aquellos vehículos terrestres que en la actualidad están marcando tendencia por conducirse de manera independiente, sino que además se incluyen drones, aviones y barcos.

Como se ha dicho anteriormente, todos estos avances tecnológicos son posibles gracias a la interacción que tienen con otros, este es un ejemplo claro. De no existir adelantos en el uso de sensores para la emergente internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA), esto no sería posible.

La aplicación de drones en diversos campos no solo de investigación, sino que también productivos se verán beneficiados de la dotación de inteligencia artificial de estos dispositivos que por ejemplo actualmente son utilizados para la explotación petrolera.

- Robótica avanzada: la migración de la robótica desde los movimientos simples, pero precisamente calculados de los brazos robóticos utilizados en producción a robots capaces de realizar intervenciones quirúrgicas ya ha comenzado a suceder y en la medida en que se siga avanzando en esta tecnología la interacción entre seres humanos y máquinas será una realidad cotidiana.

Quizás el punto más destacado de esta tecnología sea que los robots ya no requieren una completa programación de los seres humanos, actualmente existen robots dotados de capacidad para programarse de manera autónoma mediante la obtención de información de manera remota mediante la nube y conectarse así con una red de otros robots.

- Nuevos materiales: se trata de una de las piedras fundamentales para que la revolución industrial emerja. No por lo que significa de manera solitaria, sino porque al combinarse los adelantos en nuevos materiales con la capacidad de las nuevas impresoras 3D para ponerlos en práctica hacen que las posibilidades de producción crezcan de manera exponencial.

Sin dudas la impresión 3D no es el único campo beneficiado con estos avances. El medio ambiente se lleva una gran parte de los beneficios al desarrollarse nuevos materiales biodegradables que tienen un muy bajo impacto ambiental respecto a los que anteriormente eran utilizados.

En la actualidad existen aplicaciones para materiales inteligentes que se autorreparan o se limpian a sí mismos, metales con memoria que vuelven a sus formas originales o el caso de cerámicas y cristales que convierten la presión en energía.

Digitales:

Aquí resalta un punto por sobre muchos, internet de las cosas o “Internet of Things” (IoT), se puede describir como la relación entre las cosas (productos, servicios, lugares, entre otras) y la gente, que resulta posible mediante tecnologías conectadas y plataformas varias. Todo esto es posible gracias al avance en las tecnologías de los sensores que han evolucionado para actualmente tener tamaños y costos muy bajos, pero con gran inteligencia.

Estos sensores pueden ser instalados en casi cualquier ámbito, desde hogares y calles hasta la ropa y redes de energía, pero los que más propósito tiene en esta tesis son aquellos que se aplican a la fabricación de productos. Respecto a estos últimos, Schwab (2016), hace la siguiente referencia:

Hoy en día, hay miles de millones de dispositivos en todo el mundo, como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores que están conectados a internet. Se espera que su número aumente sensiblemente en los próximos años, con estimaciones que van desde varios miles de millones hasta más de un billón. Esto alterará radicalmente la manera en que gestionamos las cadenas de suministro al permitirnos controlar y optimizar los activos y las actividades a un nivel muy granular. En este proceso, se tendrá un impacto transformador en todas las industrias, desde la manufactura y la infraestructura hasta la salud. (Klaus Schwab, *p. 23*)

Estas palabras muestran que la combinación de todos estos avances, traerá consigo el poder para cambiar la vida de las personas tal y como la conocemos hoy en día, no solo en los ámbitos cotidianos, también en la salud, infraestructura e industrias.

En la actualidad las cadenas de suministros muy largas, y complejas se han visto especialmente beneficiadas mediante el uso de tecnologías que en este punto ya parecen simples como la radiofrecuencia RFID que permite a una empresa rastrear sus movimientos a través de la cadena de suministro, cómo se comporta el objeto, cómo se está utilizando y así sucesivamente.

En cuanto a lo productivo, actualmente emergió un nuevo movimiento denominado economía bajo demanda, el cual sería inviable de poner en práctica, de no haber existido tecnologías que las pongan en la mano de los usuarios. Estas plataformas tienen un uso sencillo, y con acceso desde teléfonos inteligentes, generan contacto entre las personas, activos y datos, creando formas completamente nuevas de consumo de bienes y servicios. Reducen las barreras para que las empresas y particulares generen riquezas al alterar los entornos personales y profesionales.

Estas plataformas han conducido a un cambio de paradigma muy grande teniendo como estandarte a Uber, el cual tiene un poder disruptivo sin precedente. Estos negocios de plataforma se multiplican rápidamente para ofrecer nuevos servicios que van desde lavar la ropa hasta ir de compras, desde compartir una casa hasta compartir viajes largos en un automóvil.

Klaus Schwab (2016), se refiere a estas plataformas como negocios que ponen en un mismo ámbito, a oferentes y demandante. Este ámbito, en general, se trata de plataformas de muy bajo costo de desarrollo, pero que suministra a los usuarios un lugar de interacción y realimentación bajo un nivel de confianza aceptable. Estas tecnologías, permite a personas, aunque nunca antes habían pensado en sí mismas como proveedores de bienes o servicios, generar ingresos.

Para resumir, y ejemplificar el uso de estas plataformas, junto con sus nuevos modelos de negocios, se aporta una reflexión de Tom Goodwin, escritor de TechCrunch:

Uber, la empresa de taxis más grande del mundo, no es propietaria de ningún vehículo. Facebook, dueño del medio de comunicación más popular del mundo, no crea contenido. Alibaba, el minorista más valioso, no tiene ningún inventario. Y Airbnb, el proveedor de alojamiento más grande del mundo, no posee bienes raíces.⁷ (Tom Goodwin, 2015)

Las plataformas digitales han reducido de manera notable los costos de transacción y de fricción en los cuales se incurre cuando personas u organizaciones comparten el uso de un bien o presta un servicio.

⁷ Traducción al español, de un fragmento de la publicación web: <https://techcrunch.com/2015/03/03/in-the-age-of-disintermediation-the-battle-is-all-for-the-customer-interface/>

2. Principios de la impresión 3D (Historia y funcionamiento)

2.1. Historia de la impresión 3D

Como todo gran invento, la impresión 3D tiene a su creador, y en su caso es Chuck Hull. En 1983, mientras trabajaba para una empresa de resinas, Chuck Hull descubrió el comportamiento de estos materiales cuando se los exponían al láser de luz UV.

A partir de ese momento desarrolló una investigación sobre el funcionamiento de esta tecnología aún no explotada. Todo esto decantó en que Chuck Hull patente en 1986 la tecnología de Estereolitografía (por sus siglas en inglés, SLA) y cree una empresa que, hasta estos momentos, se encuentra entre las empresas líderes en este mercado, 3D Systems.

Desde entonces los avances de esta tecnología no se detuvieron. A continuación, se enumeran los principales hitos en la historia de estos dispositivos, dividiéndolos en dos distintas etapas, según corresponda a los inicios de la industria y al desarrollo de nuevas aplicaciones para esta tecnología:⁸

Descubrimiento de tecnologías e inicios de comercializaciones (1986 a 2000):

- 1986: se patenta la primera impresora 3D que trabaja con desarrollo de Estereolitografía SLS, el responsable fue Chuk Hull, quien además funda la empresa 3D Systems.
- 1987: aparece una nueva tecnología para la impresión 3D, el sinterizado selectivo por láser (SLS). El responsable de dicho descubrimiento fue Carl Deckard.
- 1988: por tercer año consecutivo se desarrolla una nueva metodología para obtener piezas impresas en 3 dimensiones, en esta oportunidad el modelado por deposición fundida (FDM). En este caso la empresa responsable del desarrollo fue Scott Crum.
- Este mismo año, 3D Systems comercializa su primera impresora 3D.

⁸ <https://www.impresoras3d.com/breve-historia-de-la-impresion-3d/>

- 1989:
 - Patentamiento de la tecnología de sinterizado selectivo por láser (SLS).
 - Scott Crum crea la empresa Stratasys, mientras que Hans Langer funda EOS GmbH.
- 1990: EOS comercializa su primer modelo de “Stereos”.
- 1992: patentamiento de la tecnología FDM, le empresa responsable fue Stratasys.
- 1993: se desarrolla la tecnología de impresión 3D mediante inyección de polímeros. Este desarrollo está a cargo del MIT.
- 1995: Z Corporation obtiene la licencia de la 3DP, impresora que funciona a través de inyección de polímeros.
- 1996: se realiza la primera comercialización de una impresora que trabaja con inyección de polímeros, la empresa responsable fue Z Corporation.
- 1997: se establece la empresa ARCAM.
- 1998: se funda una empresa que tendrá gran importancia en la industria, Objet Geometries
- 2000: se descubre una nueva tecnología para la impresión 3D, la fusión selectiva por láser (SLM), los autores del descubrimiento fueron los responsables de la empresa MCP Technologies.

Desarrollo de diversas aplicaciones para la impresión 3D (1997- Actualidad):

- 1997: se realiza la primera cirugía con órganos modificados por medio de implantes arteriales impresos en 3D y recubiertos con células del paciente para evitar posibles rechazos del

sistema. La organización responsable fue el Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forest, Estados Unidos.

- 2002: el Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forest realiza un nuevo avance en la utilización de esta tecnología en el área de la medicina, imprime
- 2005:
 - Z Corporation lanza el primer equipo de impresión 3D capaz de trabajar en color a alta definición.
 - Se establece Exone como una spin-off de Extrude Hone Corporation y Sciaky Inc., siendo pioneros en el proceso aditivo basado en tecnología de soldadura por haz de electrones (EBW).
 - El Dr. Adrian Bowyer funda RepRap, una iniciativa open-source para crear una impresora 3D que pudiera imprimir sus propias partes.
 - Stratasys lanza el servicio Rapid Prototyping & 3D Printing Service Bureau, RedEye.
- 2006:
 - Se construye la primera máquina del tipo SLS.
 - Objet geometries crea una máquina capaz de imprimir en varios materiales.
 - El proyecto Fab@Home, de la Universidad de Cornell, ofrece la primera impresora 3D de código abierto (más tarde conocido como Open Source Hardware).
- 2007: sale al mercado el primer sistema de 3D Systems por menos de u\$d 10.000. sale a la luz la empresa Shapeways, la cual nace como un spin-off de Phillips Research Lab., bajo la dirección de Peter Weijmarshausen.
- 2008:
 - Desktop Factory es adquirido por 3D Systems.
 - El proyecto RepRap lanza “Darwin”, la primera impresora auto-replicante que puede imprimir la mayoría de sus componentes.
 - Se desarrolla la primera prótesis de pierna impresa en 3D.

- 2009:
 - Sale al mercado la primera impresora 3D comercializada en forma de kits la cual se basa en el concepto de RepRap.
 - Makerbot Industries lanza al mercado kits para hacer tu propia impresora 3D.
- 2010:
 - Kor Ecologic presenta “Urbee”, el primer automóvil capaz de contar con la totalidad de su armazón impreso en 3D.
 - La empresa Organovo Inc., dedicada a medicina regenerativa, se centra en la tecnología de bioprinting, anunciando la publicación de datos sobre los primeros vasos sanguíneos completamente bioimpresos.
- 2011:
 - La Universidad de Exeter, junto con la Universidad de Brunel y el desarrollador de software Delcam, adaptan el sistema de impresión 3D Inkjet para la creación de objetos de chocolate.
 - La Universidad de Cornell comienza a construir una impresora 3D para alimentos.
 - Shapeways y Continuum Fashion anuncian el primer bikini impreso en 3D.
 - La Universidad de Southampton fabrica el primer avión no tripulado impreso en 3D.
 - En la conferencia TEDMED, el Dr. Gabor Forgacs (Organovo Inc.), cocina y come carne producida mediante un proceso de bioprinting 3D.
- 2012:
 - 3D Systems adquiere Z Corporation Y Vidar Systems, a su vez Stratasys se fusiona con Objet Geometries.
 - LayerWise realiza el primer implante de mandíbula inferior en 3D.
 - La Universidad Tecnológica de Viena anuncia un gran avance: la “litografía de dos fotones”.
 - Essential Dynamics muestra “Imagine” su impresora 3D de chocolate.
- 2013:
 - Defense Distributed lanza “The Libertador”, la primera arma de fuego impresa en 3D.

- Robohand crea la primera prótesis de mano.
 - La división de aviación de General Electric comienza a usar tecnologías de fabricación aditiva para producir componentes en motores de reacción.
 - La NASA otorga una beca a la Systems & Materials Research Corporation (SMRC) para desarrollar una impresora 3D de alimentos.
 - Natural Machines presenta “Foodini”, su prototipo de impresora 3D de alimentos.
 - Stratasys adquiere Makerbot.
- 2014:
 - Stanmore Implants fabrica un modelo a medida de una pelvis en 3D.
 - Organovo Inc. realiza la primera venta de tejidos humanos bioimpresos (ex Vive 3D).
 - Grace Choi revela “Mink”, la primera impresora 3D de maquillaje.
 - Local Motors imprime en Chicago un coche en 3D, “Strati”.
 - Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co. difunde su Sistema de impresión, capaz de construir casas.
 - Amazon abre su tienda de impresión 3D, ofreciendo una amplia gama de productos.
 - Hewlett Packard entra en el mercado de la impresión 3D con una nueva tecnología llamada Multi Jet Fusion.
 - Autodesk anuncia que producirá su propia impresora 3D, llamada Ember SLA 3D.
 - La NASA envía a la ISS “ZeroG”, la primera impresora 3D capaz de crear objetos en ausencia de gravedad.

3. Funcionamiento de las impresoras 3D

No es el objetivo de esta tesis, realizar una detallada descripción del funcionamiento de las impresoras 3D, pero resulta inevitable mencionar, así sea de manera breve, de qué manera operan estos dispositivos.

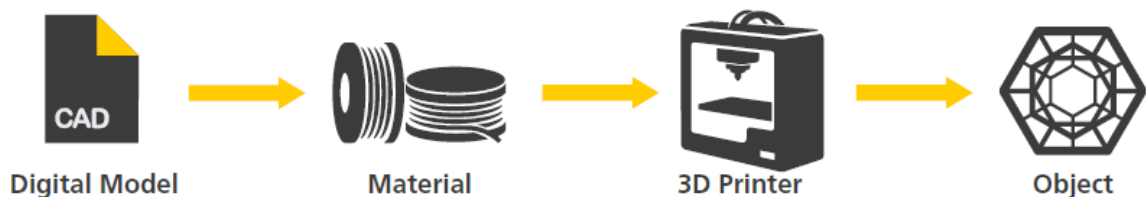
A diferencia de los métodos actuales de producción que basan sus principios básicos en la sustracción de material (tómese como ejemplo: torneado, fresado, agujereado, entre otros), las impresoras 3D producen a través de la adición de distintos tipos de materiales.

El proceso de impresión en 3 dimensiones se inicia con un archivo en formato .STL (sigla que hace referencia a las palabras “Stereo Lithography”) para impresiones en monocromo o .VRML (“Virtual Reality Modeling Language”) para impresiones en color.

En la actualidad existen 3 maneras de obtener uno de estos archivos para realizar impresiones 3D:

1. Diseñarlo desde cero con softwares específicos.
2. Descargar un archivo desde una página web. Este archivo ha sido creado por otra persona, quien lo subió para su libre utilización. Estos archivos se pueden imprimir de manera directa o personalizarlos según se requiera.
3. Escanear una figura para crear un archivo .STL o .VRML e imprimirlos.

Ilustración 11 - Impresión 3D



9

Una vez obtenido el archivo, al igual que en las impresiones en 2 dimensiones, lo que se debe tener es un dispositivo capaz de realizar la impresión. Aquí se presentan diversas categorías según la tecnología que utilizan estos dispositivos:

- Impresoras 3D por Estereolitografía (SLA)

Este es el tipo de impresión 3D que Chuck Hull desarrollo y patentó, por lo cual es reconocido como el primer método de impresión en 3 dimensiones utilizado.

Estas impresoras utilizan un haz de luz ultravioleta a una resina líquido, el cual es sensible a la luz, por lo cual al impactar la luz UV sobre la resina, esta última se solidifica capa por capa.

⁹ Fuente: paper “3D PRINTING AND THE FUTURE OF SUPPLY CHAINS”, DHL, 2016.

El diseño se encuentra soportado por una base plástica que a medida que se van imprimiendo las capas de la resina va desplazándose hacia abajo dando lugar a que la luz UV siga impactando sobre la resina para solidificarla. Este proceso se repite capa a capa hasta tener la pieza completa.

Estas impresoras logran piezas de una alta calidad, pero existe un desperdicio mayor al que se tiene con otros métodos, ya que al momento de realizar la impresión se realiza una base sobre el soporte plástico que va a sostener la pieza.

- Impresoras 3D de Sinterización Selectiva por Láser (SLS)

Estas impresoras son de fácil reconocimiento ya que trabajan con un láser y material en polvo. Al igual que las impresoras de Estereolitografía, las impresoras de SLS fueron creadas en la década de los 80.

El funcionamiento básico de estas impresoras es a través de un láser impacta que impacta sobre el polvo, funde el material y lo solidifica.

Por el método que utiliza esta tecnología no existe desperdicio, ya que todo el material que no se utiliza se almacena en el mismo lugar donde inició la impresión.

Tanto las impresoras que utilizan un funcionamiento por SLS y las que usan la metodología SLA, son las que tienen la capacidad de crear piezas con el mayor nivel de calidad.

- Impresoras 3D por Inyección

Estas impresoras representan el modelo más similar a las que se reconocen como impresoras de 2D, ya que, en lugar de inyectar gotas de tinta en el papel, inyectan capas de fotopolímero líquido que se pueden curar en la bandeja de construcción.

- Impresión por deposición de material fundido (FDM)

Entre las empresas más representativas del mercado de la impresión 3D, se encuentra Stratasys. Esta empresa registró el término FFF (Fused Filament Fabrication) que describe el funcionamiento de los dispositivos que utilizan el método de deposición de material fundido. Esta tecnología consiste en depositar polímero fundido sobre una base plana, capa a capa.

El material, que inicialmente se encuentra en estado sólido almacenado en rollos, se funde y es expulsado por la boquilla en minúsculos hilos que se van solidificando conforme van tomando la forma de cada capa.

Estas son las impresoras con mayor utilización en hogares ya que es una tecnología más económica que las vistas anteriormente. La desventaja se encuentra en la baja calidad que se obtiene en las piezas, siendo inferior a lo que se logra con impresiones mediante las tecnologías SLS o SLA, por ejemplo.

Lo más destacable de esta tecnología es que estas impresoras son las que se construyen en RepRap mediante la metodología de código abierto. Este último punto se desarrollará durante la tesis.

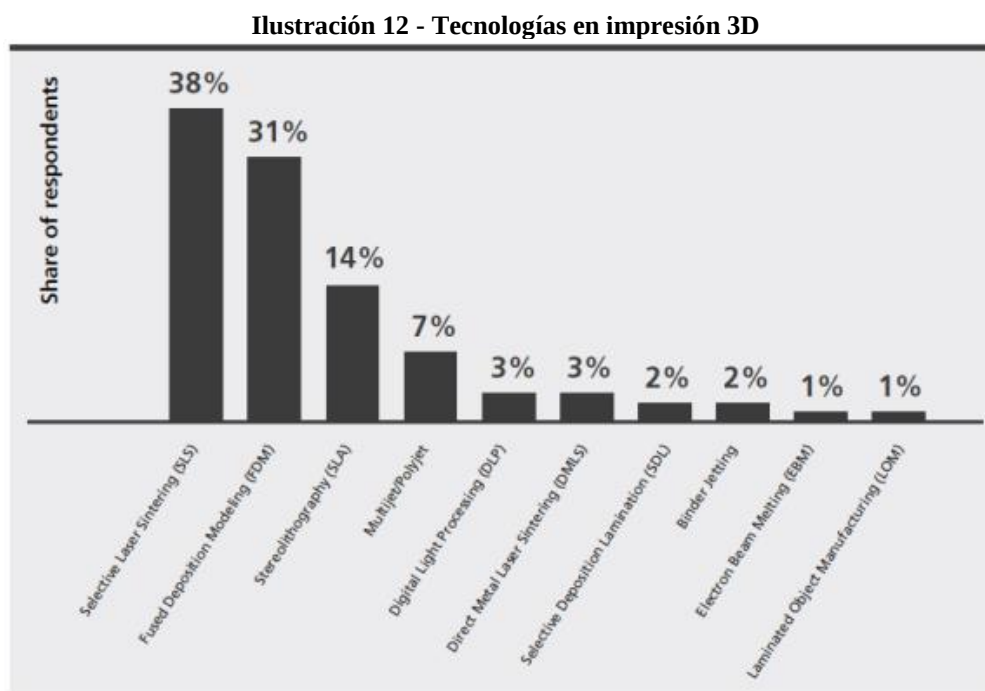
Resumen de tecnologías aplicadas a la impresión 3D:

Tabla 8 - Tecnologías aplicadas a la impresión 3D

TIPO	TECNOLOGÍAS	MATERIALES
EXTRUSIÓN	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos (PLA, ABS), metales eutécticos, materiales comestibles
HILADO	Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Casi cualquier aleación de metal
GRANULADO	Sinterizado de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación de metal
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
LAMINADO	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
FOTOQUÍMICOS	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles[1]

Fuente: elaboración propia con base a datos presentados.

En el siguiente gráfico se puede ver el nivel de aceptación de cada una de las tecnologías aplicadas a la impresión 3D:



Fuente: <https://www.sculpteo.com/es>

4. Aportes y cambios que genera la impresión 3D

En ocasiones surgen innovaciones que cambian, de manera drástica, todo paradigma preexistente y por ello se las conoce como innovaciones radicales. Es el caso de las impresoras 3D, que desde su invención se han desarrollado de manera que sus aplicaciones son cada vez más variadas.

Esta invención representa un salto tecnológico muy grande, debido a que, por ejemplo, ya existen impresoras capaces de imprimir una casa utilizando múltiples materiales, las empresas constructoras que puedan adquirir un dispositivo de estos y sepan sacarle provecho, obtendrán grandes beneficios y una ventaja muy notoria respecto a sus principales competidores.

Si bien los precios de venta de estos dispositivos han ido en decrecimiento de manera exponencial siguiendo la Ley de Moore, aún no es de uso común en los hogares, aunque no extrañaría que en unos pocos años ya se encuentre al acceso de las grandes masas, lo cual no haría más que confirmar la importancia de esta innovación.

Para entender las implicancias que trae aparejada esta innovación, se puede mencionar que una persona mediante una impresora 3D instalada en su casa, puede imprimir una gran cantidad de objetos que sean de su necesidad, y este sencillo acto rompe todo tipo de paradigma existente en cuanto al mercado, ya que no solo quedarán afectadas aquellas empresas encargadas de producir esos mismos objetos sino también todas las empresas intermediarias encargadas de realizar su logística.

A continuación, se enumeran los cambios más rotundos que trae conectado este dispositivo:

- Personalización: con el uso de una impresora 3D el desarrollo de un producto a medida es mucho menos costoso de lo que es sin este tipo de producción, por lo cual todos aquellos mercados que actualmente tienen una demanda incumplida debido a que satisfacerla es muy costosa y con un tamaño poco atractivo, sencillamente se podrá atacar con el uso de este dispositivo.
- Fin de la economía de escalas: si en algo hacía hincapié el Fordismo, era en la reducción de los costos por el tamaño de producción, este paradigma queda obsoleto ya que los costos no varían por la cantidad a producir.
- Nuevas competencias: pasa a reinventarse el mapa competitivo de muchos mercados, ya que cualquiera que tenga acceso a esta tecnología puede competir con una de las actuales grandes empresas, solo diferenciándose en los costos no productivos.
- Logística: como se ha nombrado, si en cada hogar existiera una impresora 3D capaz de producir los objetos que se necesiten, ya no sería necesaria la compra de productos y menos aún

si tienen su origen a cientos de kilómetros, requiriendo de esta manera costos de logística innecesario.

- Residuos: siguiendo la línea de que solo se produce aquello que se requiere, y sabiendo que su forma de producción es por el agregado de la cantidad justa de material, la reducción de desperdicios productivos es más que significativa, en especial en aquellos casos que para imprimir se utilizan materiales reciclables.

- Reducción de los costos por complejidad: con los métodos productivos actuales ciertas piezas sólo por tener un nivel de producción más complejo (uso de distintas tecnologías, técnicas, entre otros) su costo es mayor frente a piezas más sencillas. Si se analiza la producción mediante la impresión 3D, los costos solo varían por la cantidad y calidad del material a utilizar, en especial si se acompaña con el uso de un escáner 3D que libera de cualquier tipo de diseño, quitando el costo de horas hombre abocadas a crear digitalmente la pieza.

A continuación, se nombrarán aspectos generales de la vida cotidiana que se verán modificados por la aparición de la impresión 3D. Se incluyen las modificaciones en las tasas de empleo, crecimiento económico, cómo afectará a la cadena de suministros, el impacto financiero que ocasiona una innovación radical y por último los modelos de negocios emergentes con esta nueva tecnología.

4.1. Las impresoras 3D y el empleo

A la hora de investigar sobre la temática, se hallaron varios artículos que ponen en tela de juicio las ventajas de la impresión 3D para la economía, basándose principalmente en el argumento de que dichos artefactos reemplazarán mano de obra productiva y se incrementará el desempleo a nivel mundial. Se considera, y estando en línea con lo expresado en capítulos anteriores, que dicha afirmación no es del todo cierta, ya que se trata de una mutación del rubro, en el cual se emplean los recursos humanos y un crecimiento de la industria traerá aparejado nuevos puestos de trabajo.

La elaboración de piezas por medio de impresoras 3D, lleva a la automatización de las fábricas y una inmediata disminución del personal asociado con dicha labor, pero no se debe perder de foco que también se requirió recursos humanos en la fabricación e instalación de este artefacto revolucionario. Como se ha dicho en el apartado dedicado a los cambios que trae consigo la nueva revolución industrial, pensadores como Schwab (2016), sostienen que crecerá la cantidad de puestos de trabajos cognitivos y creativos de altos ingresos. Estos mismos puestos son los que requerirá la impresión 3D.

Del mismo modo, esto permite generar un ahorro en el fabricante debido al incremento en la eficiencia, y por lo tanto se podrá reinvertir ese dinero, ya sea en nuevos dispositivos de impresión 3D, por ejemplo, o en otras industrias, pero de todos modos este accionar genera de un modo u otro una distinta demanda de trabajo. Para reforzar el análisis de esta última idea, cabe mencionar que existen proyectos como el de RepRap, el cual se trata de un open source, cuyo objetivo es la creación de una impresora 3D que sea capaz de hacer copias de sí misma, en ese caso no se cumpliría que un aumento de la demanda de las impresoras 3D corresponde con un incremento de trabajo en el rubro. Pero paralelamente uno de los modelos de negocio fundamentales para la implementación de esta tecnología que crece al mismo ritmo, es el diseño de prototipos para la impresión y la distribución de archivos que indiquen qué y cómo imprimir el objeto deseado.

4.2. Crecimiento económico actual

Como los pensadores lo indican (ej. Schwab y Anderson), se están desarrollando los primeros años de una nueva revolución industrial, que amenaza con cambiar todo lo hasta aquí conocido, pero en lo que aún no se ponen de acuerdo, es en predecir el impacto que tendrá este fenómeno en los aspectos macro económicos.

Por un lado, se puede tomar una posición tecno pesimista cuyo argumento sería que ya se han hecho las aportaciones críticas de la revolución digital y que su impacto sobre la productividad ya casi se ha finalizado. En el lado opuesto se encontraría el tecno optimismo sosteniendo que la

tecnología y la innovación se encuentran en un punto de inflexión y que pronto desatarán un aumento de la productividad y un mayor crecimiento económico.

Para entender más acerca de la problemática que se presenta, resulta interesante basarse en el análisis que hace Klaus Schwab (2016), creador del Foro Económico Mundial, acerca del crecimiento económico de los últimos años. Schwab (2016), defiende la importancia de contextualizar los posibles impactos que llegan con la cuarta revolución industrial (sinónimo que utiliza el autor para referirse a la nueva revolución industrial), sobre el crecimiento con respecto a las tendencias económicas recientes y otros factores que contribuyen al crecimiento. Si se recuerda la crisis económica y financiera del 2008, en años anteriores la economía mundial estaba creciendo a un ritmo cercano al 5% anual. De continuar este ritmo, habría permitido que el PBI mundial tarde entre 14 o 15 años para duplicarse, sacando a miles de millones de personas de la pobreza.

En el informe del Foro Económico Mundial (2016), se menciona que inmediatamente después de la Gran Recesión, la expectativa de que la economía mundial volvería a su anterior pauta de crecimiento era generalizada. Pero esto no ha ocurrido. La economía mundial parece pegada a una tasa de crecimiento inferior al promedio de posguerra, un 3% o 3,5% al año.”

4.3. Financiamiento de una innovación radical como la impresión 3D

A pesar de lo que presuponga el mundo científico, una innovación comercial persigue de manera ineludible el beneficio económico. Respecto a este tema Perez (2004), destaca que, por cada innovador exitoso, que desarrolla su trabajo, existe al menos una persona que considere dicho trabajo como una enorme fuente de ganancias y disponga del dinero requerido para poner a prueba el proceso, lanzar el producto o expandir la producción. Es aquí donde, pensadores como Schumpeter (1961), sostienen que el papel más decisivo, está en la institución del crédito.

A la existencia de innovadores, se debe agregar el papel de inversionistas que permitan dar acceso a nuevas tecnologías que faciliten cambios, ya sean radicales o no. En vistas de la propia necesidad, compañías como el BBVA o DHL, suelen realizar inversiones de las cuales se vean

beneficiadas no solo de manera financiera, sino también por mejora en su productividad. Dependiendo del paradigma empresarial en el que se encuentren, estas innovaciones serán más o menos radicales. Como ejemplifica Perez (2004), mediante estas inversiones pueden conseguirse productos y tecnologías nuevos, como el transistor creado en los laboratorios Bell.

En el caso de innovaciones, que no hayan encontrado financiamiento en compañías que se vean beneficiadas con las mismas, pueden encontrar su apalancamiento en los denominados inversores ángeles. Estos fondos tienen como misión proveer capital a start ups o empresas emergentes, a cambio de participación en las ganancias.

Los nuevos emprendedores pueden convertir sus ideas en realidades comerciales porque en manos de los no-productores hay dinero disponible buscando beneficio. Es así como la posibilidad de operar con dinero prestado se convierte en una fuerza verdaderamente dinamizadora. El capital financiero va a apoyar a los nuevos emprendedores a pesar del alto riesgo y ello será tanto más probable cuanto más agotadas estén las posibilidades de inversión en las direcciones acostumbradas. A medida que comienzan a disminuir las oportunidades de inversión de bajo riesgo en el paradigma establecido, una masa creciente de capital ocioso busca usos capaces de proporcionarle ganancias y se dispone a aventurarse en direcciones nuevas. Por lo tanto, el agotamiento de un paradigma trae consigo tanto la necesidad de emprendedores en innovaciones radicales como el capital ocioso capaz de asumir grandes riesgos por ensayo y error. (Perez, 2004, p. 62)

Las innovaciones que suelen obtener financiamiento con mayor facilidad, son aquellas que están basadas en tecnologías preexistentes y consiguen una nueva aplicación de las mismas, o inclusive, aquellas que logran unir dos o más tecnologías ya probadas. Una de las razones por las cuales encuentran financiamiento de manera más sencilla, es porque representan un menor riesgo para el inversor, el cual puede no sentirse cómodo con la colocación de capital en tecnologías no probadas.

Cuando las primeras inversiones suceden, es decir, luego de los primeros casos en que inversores ponen capital financiero en innovaciones tecnológicas radicales como la impresión 3D, y estos

dan beneficios, abren la posibilidad a nuevos innovadores que puedan utilizar esta tecnología y encuentren financiamiento de manera más sencilla. Esto trae por consecuencia un afianzamiento del nuevo paradigma.

Perez (2004) sostiene al respecto que se da el ciclo completo de innovación, esto es: diseño, producto realizado, beneficios obtenidos del nuevo paradigma, se produce un efecto de contagio sobre un vasto número de ingenieros potenciales, diseñadores y emprendedores para innovar dentro de la nueva trayectoria general.

En la medida en que el financiamiento hace posibles sus proyectos y en la medida en que sus éxitos llamativos hacen el paradigma cada vez más visible y atractivo para un mayor número de personas, crecerán sin duda las filas de quienes sienten el llamado. Así, los síntomas de agotamiento del paradigma prevaleciente crean la demanda de nuevas trayectorias innovadoras y lucrativas; las reservas de opciones tecnológicas represadas comienzan a fluir, el capital financiero ocioso proporciona el fertilizante, la sucesión de nuevas tecnologías eventualmente conduce a saltos radicales, el nuevo paradigma multiplica el número de empresarios innovadores, sus éxitos atraen nuevo capital financiero y más empresarios, y así sucesivamente. (Perez, 2004, p. 63)

4.4. La impresión 3D y los modelos de negocios

Como se viene mencionando, la aplicación de la impresión 3D es muy amplia y actualmente solo encuentra sus límites en los materiales que puede manipular, pero, como sostiene (Anderson, 2012), es cuestión de tiempo para que se desarrollen nuevos materiales capaces de ser utilizados para la impresión 3D y, de esta manera, las aplicaciones que se le pueda dar a esta tecnología crecerán de manera exponencial. En la actualidad existen impresoras muy sencillas que son capaces de imprimir una taza en la cual poder servir un café, como también hay tan complejas como para fabricar tejidos vivos para humanos, esto permite dimensionar la cantidad de industrias que se verán afectadas por el uso de este dispositivo, en especial si el alcance incluye a los hogares.

Santiago Bilinkis (2014) en su libro Pasaje al futuro, cuenta el caso de una entrevista protagonizada por David Dalrymple, en donde ocurre el siguiente dialogo:

- Periodista: Entonces, ¿lo que usted dice es que, dentro de un tiempo en lugar de ir a un negocio a comprar una tostadora voy a poder imprimirme una tostadora en mi casa?
- David Dalrymple con total asombro responde: ¿una tostadora? ¿¡Por qué no imprimir directamente la tostada!?

En su libro, la cuarta revolución industrial, Klaus Schwab (2016) marca cuatro grandes impactos que vienen aparejados con esta nueva revolución industrial en cuanto a los negocios, estos son:

- Las expectativas del cliente están cambiando.
- Los productos están siendo perfeccionados por los datos, lo que mejora la productividad de los activos.
- Se están formando nuevas alianzas a medida que las compañías comprenden la importancia de las nuevas formas de colaboración.
- Los modelos operativos se están transformando en nuevos modelos digitales.

¿Por qué los avances de los nuevos materiales junto con la impresión 3D pueden traer beneficios exponenciales? Porque actualmente se han descubierto nuevos materiales con un costo muy elevado debido a sus prestaciones, por ejemplo, el grafeno es unas doscientas veces más fuerte que el acero, un millón de veces más delgado que un cabello humano y un conductor eficiente de calor y electricidad.

Entonces el uso exacto y sin desperdicios de estos materiales brindará un doble beneficio. Por un lado, se conseguirán piezas que hasta ahora eran imposibles de fabricar, y su producción no tendrá desperdicios por lo que se hará un uso responsable de dichos materiales.

Para comenzar a hablar de los modelos de negocios que surgen con esta nueva tecnología, el más natural es ofrecer un servicio de impresión 3D a cualquier persona que no posea una impresora.

A raíz del movimiento creador, los llamados talleres se están abriendo alrededor del mundo, estos ofrecen acceso a la infraestructura de impresión 3D para prácticamente todo el mundo.

Diseñadores y aficionados pueden utilizar estas tiendas para diseñar e imprimir objetos y colaborar en proyectos de impresión 3D. Ya hay 40 fábricas en Alemania, y la empresa TechShop ha establecido la primera cadena de fábricas en los Estados Unidos. Los modelos comerciales varían, existen tanto enfoques con fines de lucro como sin fines de lucro. La impresión 3D puede ser un proceso que consume mucho tiempo, particularmente la primera etapa de generar un modelo 3D o una imagen.

Por lo tanto, un modelo de negocio prometedor es el que otorga transparencia a los servicios de impresión en 3D y ofrece acceso en línea a los modelos 3D existentes. All3DP proporciona una plataforma de transparencia que permite a sus clientes acceder, comparar y seleccionar los servicios de impresión 3D más adecuados. Thingiverse es una plataforma en línea que permite a los usuarios compartir e intercambiar sus diseños de impresión 3D.

Actuando como un catálogo en línea para archivos de impresión 3D, esta plataforma soporta una comunidad de entusiastas de la impresión 3D y permite comentarios y sugerencias para mejorar los modelos 3D. Otras plataformas similares como Shapeways y Sculpteo van más allá de la cartera de Thingiverse para ofrecer también impresión y entrega de objetos. Otra línea de servicios aborda la cuestión crítica de la seguridad de los datos en la impresión 3D. 3DTrust ofrece soluciones de streaming seguras y directas de datos de impresión cifrados a impresoras 3D remotas. Esto permite la externalización y la gestión de la producción desde la sede de una empresa a sitios de fabricación remotos, manteniendo el control sobre la propiedad intelectual y los productos. Usando el software de 3DTrust, los propietarios del diseño pueden seguir quién y cuántas veces se ha impreso una parte para detectar el uso no autorizado del archivo. Además de la seguridad, esta funcionalidad también permite a los titulares de IP monetizar en cada reproducción 3D impresa de un modelo 3D virtual.

5. El momento de la impresión 3D

Conociendo la actual dinámica mundial que se está desarrollando, en donde los cambios aparecen en cualquier momento y avanzan con aceleración exponencial, representa un gran desafío incluir un capítulo que hable de la actualidad de una tecnología disruptiva como la impresión 3D, ya que sus avances son tan rápidos que se corre el riesgo de que la diferencia entre el momento de elaboración y el de lectura de estas líneas, hayan aparecido miles de nuevos usos para la impresión 3D en los distintos ámbitos a discutir. Aun en estas condiciones, se intenta resaltar los cambios que puede generar esta tecnología a futuro más que limitarse a destacar la simple actualidad.

5.1. ¿La solución a tantos males?

El común denominador entre la mayoría de los países es combatir el hambre, brindar salud a sus habitantes y asegurar la existencia de viviendas para cada uno de ellos, la impresión 3D ya se encuentra inmersa en cada uno de estos campos.

Estos campos de aplicación son sin dudas los que más llaman la atención, ya que no se esperaba hace unas pocas décadas que se podrían llegar a obtener alimentos, órganos o incluso casas, a partir del uso de un dispositivo, del tipo de una impresora 3D. No solo tiene que ver con los comienzos humildes de esta tecnología, sino también con la resistencia al cambio por parte de las personas que no se encuentran acostumbradas a tratar con innovaciones.

A continuación, se detallan los avances para la solución de estos 3 problemas:

5.1.1. Construcción

El proceso de construcción de una casa no varía mucho de la fabricación de cualquier producto por parte de la impresión 3D. Un arquitecto empieza el proceso de construcción diseñando el edificio u otro objeto digitalmente en un programa CAD. La diferencia aquí, es que el

profesional deberá guardar archivo en el formato anteriormente nombrado STL, para poder abrirlo en un programa de D-Shape, el cual se encarga de controlar el cabezal de la impresora. Para la explicación técnica se cita el trabajo realizado por Andrei Vahnov (2014):

Bajo el control del programa, el cabezal construye el objeto inyectando una solución adhesiva sobre las capas de arena en el patrón que representa la estructura deseada. Una vez que el adhesivo solidifica la arena, el cabezal se levanta para imprimir la siguiente capa. Como ya vimos anteriormente, la razón principal por la que la revolución 3D se dio ahora no es la idea de la impresora en sí, sino los tremendos avances en materiales y software que se dieron en la última década. Este caso no es una excepción. La solución adhesiva que solidifica la arena produce un material final tan fuerte que tiene las mismas características que el bloque de mármol sólido y tiene una resistencia tan superior a los mejores cementos que no hace falta reforzar la estructura con barras de hierro, lo que normalmente se hace hoy en día. Además, al usar procesos aditivos, las máquinas de DShape usan los recursos mucho más económicamente y con menos desecho que los procesos de construcción tradicionales y de este modo también ofrecen importantes ventajas ambientales. (Vahnov, p. 58, 2014)

Esto permite un ahorro considerable en la construcción de viviendas, habilitando a los gobiernos nacionales a realizar los planes habitacionales, ya que sería económicamente viables y darían la posibilidad a muchos habitantes a tener su techo propio. Se destaca la utilización de esta tecnología en este campo, debido a que de esta manera se lograría reducir la desigualdad que se comporta como común denominador en las grandes ciudades del mundo.

Por el lado negativo de esta implementación, y al igual que se mencionó en la modificación en el empleo, se puede decir que puede afectar la labor de millones de puestos de trabajo que se desarrollan actualmente dentro de este campo, al requerir menor cantidad de mano de obra pesada. Pero continuando con lo anteriormente dicho, también se abrirán posibilidades de un carácter cognitivo superior.

Si bien el problema más urgente es la falta de viviendas en la gran mayoría de las ciudades capitales, otro problema que implica la construcción es el peligro que conlleva para sus trabajadores. Vahnov (2014), cita en su trabajo a Behrokh Khoshnevis, profesor en la Universidad de Southern California, quien mediante estudios afirma que en Estados Unidos cada año mueren alrededor de 10,000 trabajadores por accidentes y alrededor de 400,000 se lastiman en el transcurso de su trabajo. Estos problemas se verían solucionados, o al menos minimizados, mediante el uso de la impresión 3D.

5.1.2. Medicina

Desde el comienzo de este trabajo, se ha nombrado que las impresoras 3D dan la posibilidad de crear productos personalizados, en donde se satisfacen las necesidades de los consumidores. Un campo en donde se requiere un alto nivel de personalización es la medicina, debido a que cada persona es distinta y el rol de los implantes o prótesis es de adaptarse al cuerpo del paciente y no al inverso.

Si no existiera la precisión de estas máquinas sería imposible la fabricación de prótesis y trasplantes médicos ya que serían rechazados por los pacientes debido a la incomodidad que presentarían. Por esto mismo los especialistas predicen que esta tecnología tendrá gran importancia en todo lo relativo a la medicina.

Si bien los avances hasta el momento, en lo que a medicina se refiere, ha sido sobre todo en el campo de las prótesis e implantes (pero de baja complejidad, como son los odontológicos), aún quedan dos aplicaciones más para resaltar que son importantes para la salud de toda la población.

La primera son los avances en la obtención de órganos a través de impresión de células madres y esto viene a resolver un problema que empeora día a día. La estadística actual acerca de la espera por trasplantes de órganos es alarmante. Investigaciones nacionales reflejan lo siguiente:

En lo que va del año, en nuestro país ya se realizaron 657 trasplantes de órganos y 342 de córneas permitiendo que pacientes en lista de espera recuperen su salud y mejoren su

calidad de vida. De estos 657 trasplantes, 411 fueron renales, 146 hepáticos, 41 cardíacos, 27 renopancreáticos, 18 pulmonares, 1 pancreático, 1 intestinal, además de 12 trasplantes combinados. En total se llevan realizados hasta el momento 233 procesos con donantes fallecidos, siendo más de la mitad –58%– procesos de ablación multiorgánicos. Gracias a esta capacidad de intervención, en 2014, nuestro país logró concretar un trasplante de órganos cada 5 horas. En nuestro país hay más de 7.700 personas que necesitan un trasplante.¹⁰

Esto quiere decir que, a pesar de la buena voluntad de la población para donar órganos, aún hay un déficit que no llega a saldarse. Esas 7700 personas que todavía no lograron obtener su trasplante podrían ver una solución si la impresión 3D sigue avanzando como hasta ahora.

Además, este método evita los posibles fallos por rechazo del cuerpo ya que la obtención del órgano es con las propias células madres del paciente, por lo cual se trata de una operación mucho más natural que las hasta ahora vistas. En general los receptores de los trasplantes, se ven condicionados a ingerir inmunodepresores para poder prevenir el rechazo. Si se plantea desde esta perspectiva, se encuentra biológicamente más natural la utilización de un corazón nuevo impreso con las propias células madres que tener un trasplante de un cuerpo ajeno. Se cita el siguiente texto, en donde Vazhnov explica técnicamente cómo trabajan estos dispositivos para crear órganos:

Conceptualmente, la impresión 3D de los órganos funciona de manera parecida a muchas impresoras 3D comunes a base de tecnología de extrusión de material. Normalmente, hay dos cabezales — uno que coloca material de soporte como un hidrogel mientras que el otro coloca el cultivo de células tomado del paciente. Como con todas tecnologías aditivas, es un proceso que imprime capa por capa bajo el control de la computadora. Al principio, el material de soporte sostiene las células en la forma deseada pero una vez que las células se interconecten, las estructuras de soporte se disuelvan y el tejido después crece en un bioreactor hasta alcanzar la madurez. (Vazhnov, p. 62, 2014)

¹⁰ <https://www.infobae.com/2015/05/30/1732004-en-el-pais-mas-7700-personas-necesitan-un-trasplante-seguir-viviendo/>

Actualmente no se ha conseguido la impresión exitosa de órganos complejos como corazón o riñón, pero ya han sido trasplantados con órganos impresos personas que necesitaban por ejemplo una vejiga.

El segundo de los avances, es el que nombra en su análisis Andrei Vazhnov (2014), la utilización de quimputadoras para la fabricación de pastillas personalizadas. Este tipo de impresoras 3D, pueden ubicarse directamente en las farmacias, donde se imprimen las pastillas personalizadas.

Con el avance de la edad, las personas recurren en la ingesta de varios principios activos durante un mismo día, esto hace que no sea sencillo recordar el momento en que se debe ingerir cada una. Pero otro de los problemas que trae consigo, es el hecho de consumir sustancias que son parte del medicamento, pero que no son necesarias para el paciente, o inclusive ser perjudiciales.

La solución que proponen estos dispositivos, es en un inicio similar a como se procede actualmente: el médico realiza una receta, pero en este caso podrá ser enviada de manera online a la farmacia que se le indique, con la combinación de medicamentos y con la dosis justa que deberá ingerir el paciente. Por su lado, la farmacia deberá imprimir una sola pastilla que consta de lo recetado por el médico.

5.1.3. Alimentos

Llegado el momento, en el cual las impresoras 3D logren imprimir alimentos, se logrará aumentar la eficiencia de su elaboración evitando los desperdicios actuales que no hacen más que generar problemas y elevar los costos de fabricación. De esta manera se podrá dar acceso a alimentos a cientos de millones que en la actualidad sufren de desnutrición.

El proceso es muy similar al hasta aquí desarrollado. Cuenta con cápsulas, similares a los cartuchos de tinta de las impresoras tradicionales. La diferencia se encuentra en que, cada cápsula contiene un ingrediente en vez de tinta. De esta manera la impresora, tiene la posibilidad

de crear un plato imprimiendo capa por capa, como cuando se imprime un simple objeto, pero en este caso cada capa representa un ingrediente.

La receta de cada plato puede encontrarse pre cargada en las impresoras, de manera que los usuarios solo deban seleccionar de un menú el plato deseado, al igual que cuando asisten a un local de comidas.

Vazhnov (2014) destaca los avances en este campo, informando que, en 2012, el fundador de PayPal e inversor de tecnología, Peter Thiel, invirtió en una startup llamada Modern Meadow que está desarrollando la tecnología que permitirá el uso para la producción de hamburguesas de carne artificial.

Se destaca la importancia de este invento, debido a que en la actualidad la producción de carne tiene grandes ineficiencias. Vazhnov (2014), cita un reciente estudio del Institute of Mechanical Engineers, el cual sostiene que para producir 1 kilogramo de carne se exigen en total entre 5,000 y 20,000 litros de agua (tomando en cuenta el agua que se usa en la producción de la comida para los animales).

En cuanto al impacto ambiental, el mismo informe asegura que para producir una sola hamburguesa se exigen alrededor de 7 metros cuadrados de la tierra. En términos de la energía, para producir 1 caloría de comida vegetal se exigen solamente 3 calorías mientras que para producir 1 caloría de carne se necesitan 35 calorías de energía.

Vazhnov (2014), comenta que, por su parte la NASA otorgó financiamiento a una empresa dedicada a la impresión en 3 dimensiones, SMRC. El objetivo es poder crear un sistema capaz de manejar estos aspectos de creación de comida de forma muy general. La impresora, también a base de proyecto RepRap, tiene la capacidad de mezclar insumos primitivos en una gran variedad de comidas.

Este dispositivo digital controla no solo el proceso de impresión, sino también el proceso de mezclar y la aplicación de calor. Al ser un desarrollo a base de proyecto abierto, se espera tener

de manera inminente un equipo independiente de entusiastas capaces de crear algo parecido para el uso público.

5.2. Uso industrial de la impresión 3D

La impresión 3D comienza a aparecer en el horizonte de las cadenas de suministro de múltiples compañías. Entre esos nombres sobresale el de Ford Motor Co., que experimenta con una nueva forma de impresión 3D, con el objetivo de resolver un defecto estructural que ha impedido que la tecnología sea ampliamente adoptada en la manufactura.

La startup, Carbon3D Inc, respaldada por Google Ventures, de Alphabet Inc., se encuentra desarrollando un método de impresión distinto. Algunos fabricantes, incluido Ford, sostienen que tiene mayores oportunidades de éxito. Esto se debe a que, el proceso rompe con una de las barreras de utilización de la impresión 3D, el tiempo de fabricación. El desarrollo de Carbon3D, consta además de mayor calidad, punto fundamental en la fabricación de materiales que serán sometidos a condiciones desfavorables, como lo son las piezas de los vehículos.

Con el desarrollo de esta tecnología, aparecen las oportunidades de uso, especialmente en campos donde se exige una gran precisión en la producción de ciertos elementos, como lo son las paletas de las turbinas. Estas piezas cumplen un rol fundamental en los sistemas de las turbinas por lo cual, Siemens AG ha recurrido a la impresión 3D para la elaboración de las mismas.

En la misma línea se encuentra General Electric Co, que a través de la impresión 3D, busca producir 200.000 boquillas de combustible de aviación, para ello recurrirán a un centro de investigación ubicado en Pittsburgh.¹¹

¹¹ <https://www.lanacion.com.ar/1893047-la-impresion-3-d-busca-escala-industrial>

5.3. Impresión 3D combinada con la actual cadena de suministro, casos actuales de éxito

5.3.1. Repuestos bajo pedido

Un gran porcentaje de las aplicaciones actuales de la impresión 3D, se lo lleva el sector de las piezas de repuestos como una de las primeras áreas, esto parece indicar que será una de las primeras áreas a ser interrumpidas por la proliferación de la impresión en 3D.

En la actualidad, cientos de millones de piezas de repuesto se guardan en el almacenamiento en todo el mundo para el servicio de productos tan diversos que incluyen coches, relojes, e inclusive máquinas de rayos X. Aunque la mayoría de los almacenes de piezas de repuestos tienen una alta proporción de elementos que se mueven rápidamente, muchos artículos rara vez se utilizarán y algunos nunca pueden ser realmente necesarios.

Los estudios de caso estiman que, la proporción real de existencias excedentes puede llegar a veces a superar el 20%. No sólo es costoso para las empresas almacenar estas existencias no utilizadas, sino que también genera ineficiencia en la cadena de suministro.

Gracias a la impresión en 3D, es posible que las empresas ya no necesiten almacenar piezas de repuesto físicamente en un almacén. En su lugar, pueden imprimir estas piezas bajo demanda, donde sea necesario, y entregar rápidamente estos artículos al cliente. Con el fin de lograr la cobertura y la eficiencia en la reducción del tiempo de entrega, los proveedores de logística podrían apoyar a las empresas en la creación de una densa red de impresoras 3D para imprimir instantáneamente y entregar piezas de repuesto a la demanda. Los archivos de impresión virtual de piezas de repuesto estarían almacenados de forma segura en bases de datos de software que actúan esencialmente como un almacén virtual.

Una organización que ya ha desarrollado e implementado este tipo de concepto de almacén virtual es Kazzata. La empresa tiene como objetivo proporcionar un mercado en línea para repuestos, estableciendo con eficacia un repositorio CAD para piezas obsoletas y raras. Cuando

se requiere una pieza, los usuarios pueden simplemente buscar la parte correcta y enviar el archivo a la impresora 3D más cercana.

Muchas empresas ya están adoptando el concepto de impresión de piezas de repuesto, un buen ejemplo de esto son las definiciones estratégicas de Mercedes-Benz Trucks. En un esfuerzo por resolver los retrasos en la entrega de piezas de repuesto, la compañía de camiones anunció que ahora permitirá a los clientes imprimir en 3D más de 30 piezas de repuesto diferentes para camiones de carga. Los clientes ya no tienen que hacer frente a una larga espera para que las piezas originales de fábrica sean entregadas. En su lugar, pueden tener la parte impresa en la instalación más cercana y entregarse en menos tiempo. En el futuro, las empresas también pueden hacer uso de sus proveedores de logística, de extremo a extremo de piezas de repuesto, utilizando soluciones a la carta.

Cada proveedor de logística puede lograr un nuevo tipo de economía de escala, mediante la creación de una red propia de impresoras 3D compartidas, ubicadas en almacenes y centros de distribución de todo el mundo. De la misma manera que muchas empresas hoy en día suministran piezas de repuesto a un proveedor de logística de terceros, en el futuro las empresas podrán confiar a su proveedor de logística procesar, imprimir y entregar pedidos de repuestos de manera rápida y de bajo costo.

DHL ya está probando este concepto de réplicas de repuestos, para ubicaciones en donde la organización almacena actualmente repuestos para clientes de automoción y tecnología. Estas pruebas concluyeron que los costos de materiales, hardware y manejo de las piezas de repuesto impresas en 3D no resultaron en un caso de negocios viable. Además, resultó difícil imprimir y entregar las piezas de repuesto lo suficientemente rápido para cumplir con los acuerdos de nivel de servicio, con algunas piezas complejas y grandes que tardan varios días en imprimirse. Sin embargo, fue interesante descubrir que la calidad de las piezas impresas era casi igual a la de las piezas de repuesto existentes.

Esto sugiere que, a medida que disminuyan los costos de impresión en 3D, la producción bajo demanda de piezas de repuesto será inevitable.

Hay que destacar que en este caso el negocio resultó inviable económicamente debido a los costos, pero queda la incertidumbre de qué sucederá cuando mediante a los avances tecnológicos los costos caigan y se pueda mantener la calidad ya lograda. El impacto en ese caso se espera que sea muy grande.

5.3.2. Fabricación de piezas directas e individualizadas

Como se destacó anteriormente, hay muchos campos como la construcción, medicina y otras industrias que utilizan la impresión 3D para producir piezas individualizadas. Cuando los clientes requieren altos niveles de personalización, la impresión 3D puede representar una fuente de ventaja competitiva para la organización.

Las empresas están incentivadas para crear piezas personalizadas que se pueden entregar rápidamente al punto de uso. Al igual que con el ejemplo anterior de piezas de recambio bajo demanda, las empresas pueden trabajar con proveedores de logística para crear una red de impresoras 3D, cada una de las cuales actúa esencialmente como una micro fábrica. Estas impresoras pueden ubicarse en almacenes regionales o centros de distribución locales.

Ampliando lo ya visto se puede decir que la medicina es un campo clave capaz de aprovechar ese concepto. Ya la industria de la salud está utilizando la impresión 3D en muchas áreas diferentes y el logro de los estándares de calidad se encuentra a la par de los métodos tradicionales de fabricación. Desde pequeñas prácticas hasta grandes hospitales, todo tipo de instalaciones de salud pueden colaborar con compañías médicas y proveedores de logística para crear un servicio de impresión 3D de extremo a extremo que reduzca el costo y la complejidad a través de la operación a escala.

Por ejemplo, en lugar de tratar múltiples proveedores y entregas diarias, los almacenes de impresión en 3D operados por proveedores de logística pueden ocuparse del aprovisionamiento de materiales, así como la fabricación de piezas individualizadas (ej. prótesis personalizadas, reemplazos de rodilla personalizadas). El proveedor de logística también puede garantizar la entrega rápida y segura de cada pieza a la ubicación correcta, cuando sea necesario.

Otra visión futura es la idea de fabricar piezas individualizadas no en un lugar estacionario como un almacén, sino en un vehículo en movimiento. Esto también puede reducir los plazos de entrega. Amazon, por ejemplo, ha presentado una patente para un camión equipado con impresoras 3D, con la intención de fabricar productos en el camino hacia un destino de clientes. A escala, esto podría permitir a las empresas producir piezas muy cercanas a la demanda y por lo tanto reducir drásticamente el plazo de entrega de piezas individualizadas a los clientes.

5.3.3. Servicios de posposición de productos

Utilizar la impresión 3D en las estrategias de posposición podría ser otra opción para permitir mayores niveles de personalización del producto, algo que es cada vez más importante tanto para los clientes empresariales y los consumidores por igual. Un estudio reciente de Bain & Company (2013) sobre las preferencias de compras en línea encontró que, mientras que sólo el 10% de los compradores en línea han utilizado las opciones de personalización de productos hasta el momento, existe un tercio de ellos que están interesados en hacerlo en el futuro.

El estudio reveló además que los compradores en línea que habían utilizado opciones de personalización antes de calificar significativamente más alto que otros compradores en la prueba de fidelidad del cliente. Para aumentar las opciones de personalización, pero al mismo tiempo reducir los plazos de entrega al cliente, las empresas pueden asociarse con proveedores logísticos que ofrecen servicios de posposición utilizando la impresión 3D. Al retrasar el montaje final hasta el punto final de la demanda, las empresas pueden dar a sus clientes acceso a una amplia variedad de opciones de personalización: pueden seleccionar aspectos del diseño, material, forma y tamaño, envasado y funcionalidades del producto.

Los centros de distribución locales pueden almacenar existencias de productos casi acabados, así como impresoras 3D que ejecutan una variedad de funciones de personalización antes de que el producto se entregue al cliente. Donde la personalización actual podría incluir un nombre grabado en un teléfono inteligente o un mensaje personalizado dentro del embalaje, la impresión 3D permitiría a las empresas entregar el teléfono inteligente, por ejemplo, en una caja de protección personalizada, única en su clase, en una venta de tiempo corta.

Tales conceptos están siendo probados por Adidas, en la apertura de su fábrica de impresión 3D denominada “*SpeedFactory*”, en donde no solo usan impresión 3D, sino que además se complementa con tecnologías de automatización. Aquí la empresa está creando zapatos personalizados que se ensamblan y se entregan más cerca de la demanda.

5.3.4. Servicios de fin de pista

Los servicios de fin de pista suelen abarcar soluciones logísticas integradas ubicadas en almacenes específicos en las proximidades de importantes centros aeroportuarios. Así es como los proveedores de logística pueden lograr tiempos de respuesta más acortados y rapidez en el mercado para el envío de partes críticas de tiempo, incluso después de los últimos tiempos de corte de pedidos.

Además de los servicios convencionales de almacenamiento, el enfoque principal de los servicios de fin de pista es la oferta de servicios específicos de cada sector y los servicios integrados de devolución y reparación. Aquí es donde se pueden aprovechar las ventajas de la impresión 3D.

A medida que aumenta la velocidad de impresión en 3D, será más sencillo de aplicar en los sitios de extremo de la pista para permitir la producción rápida de piezas que deben ponerse en funcionamiento en el menor tiempo posible. Los campos de aplicación pertinentes incluyen piezas de repuesto para energía comercial (por ejemplo, piezas de recambio para plantas de energía renovable o la producción de pastillas de freno para turbinas eólicas) y para el sector de ingeniería y fabricación (por ejemplo, boquillas de combustible para aeronaves). Además de las aplicaciones industriales, la impresión 3D también se puede utilizar en la logística de fin de pista para mejorar las operaciones de reparación en el sector de consumo que tienen que ser cubiertos bajo garantía.

Las piezas de repuesto necesarias pueden imprimirse y entregarse inmediatamente, reduciendo los tiempos de entrega y mejorando los niveles de satisfacción del cliente.

Este concepto integrado está siendo utilizado por UPS, con su inversión en Fast Radius, el cual se ha ubicado estratégicamente en su fábrica de impresión 3D, a pocos minutos del centro de actividad global de UPS. El objetivo de esta ubicación de fin de pista, es que las órdenes pueden ser fabricadas hasta la hora de recogida de 1 am. Y ser entregadas en cualquier lugar en los Estados Unidos a la mañana siguiente.

5.3.5. Impresiones 3D para empresas y consumidores

En contraste con los casos de uso anteriores que se centran en la logística de apalancamiento para proporcionar nuevos servicios de impresión en 3D, las empresas y los consumidores también pueden utilizar futuras redes de impresoras 3D para una variedad de aplicaciones.

En el contexto del consumidor, una aplicación podría ser pensada para que las empresas ubiquen sus puntos de servicio o puntos de venta con una infraestructura preparada para la impresión 3D. En esencia, esto les permitiría ofrecer a las comunidades locales acceso a los servicios de impresión 3D de última generación. La raíz de este concepto no es nueva, funcionaría de manera similar a como los consumidores actualmente imprimen documentos en papel al llevar un archivo en una unidad USB a una fotocopidora o imprimir fotos en un local de fotografía.

Mirando hacia el futuro, estas tiendas de impresión en 3D podrían integrar no sólo impresoras 3D, sino también herramientas de diseño y escáneres, así como una amplia selección de materiales. Las tiendas de impresión 3D como estas también podrían ser utilizadas por las empresas para crear rápidamente prototipos de nuevos productos sin tener que invertir y mantener la última infraestructura de impresión en 3D. Estas instalaciones también podrían servir a estudios de arquitectos y pequeños estudios de diseño que necesitan para producir modelos en 3D, así como los artesanos la creación de artículos a medida para sus clientes.

El personal que trabaje en las tiendas de impresión en 3D será entrenado para ofrecer diferentes niveles de soporte, con el objetivo de adaptarse a las habilidades de impresión 3D de cada cliente. Debido a que el proceso de impresión en sí puede llevar algún tiempo, la tienda de impresión 3D también podría ofrecer un servicio de entrega a sus clientes.

Ya se han dado los primeros pasos en esta dirección. DHL, que opera decenas de miles de puntos de servicio en todo el mundo, probó un concepto de tienda de impresión 3D emergente en 2013. Ofreció obtener mediante la impresión 3D bienes de consumo individualizados, escanear y reproducir productos de consumo que fueron entregados por los mismos empleados de DHL.

Este servicio de reproducción demostró ser técnicamente difícil. No todos los artículos eran adecuados para la reproducción y la mayoría de los CAD necesarios para el post-procesamiento (aunque, como la tecnología de imagen 3D mejora, este reto particular puede ser superado). De los muchos artículos entregados, sólo alrededor del 10% podría ser reproducido funcionalmente y, en última instancia, los costos superaron por mucho la disposición a pagar. A pesar de estos desafíos, el CEO de DHL reveló un alto nivel de interés en los objetos de impresión 3D en el futuro.

Para sostener una tienda de impresión en 3D, los factores clave de éxito serán la capacidad de proporcionar una gama de materiales de impresión y bajos costos operativos, así como también la reducción de los tiempos de producción.

CAPÍTULO 4: Predicciones del uso de la impresión 3D

Existen personas que se involucraron con la impresión 3D desde el nacimiento de esta tecnología y otros que, mediante se producían los avances de estos dispositivos, decidieron involucrarse hasta transformarse en expertos de este campo.

Ellos han visto la evolución de esta herramienta desde sus inicios. Por ello, se encuentran habilitados a realizar predicciones acerca de los avances de estos dispositivos, materiales con los que trabaja, costos, acceso a las personas y demás. Reconocer los futuros avances hará que las predicciones de los cambios sean más acertadas.

1. Predicciones de expertos en impresión 3D

Dentro de los especialistas de la impresión 3D que se ubican en Argentina, se encuentra Andrei Vazhnov. Sus estudios dentro de esta tecnología, le permitieron elaborar uno de los pocos libros editados en el país acerca de estos dispositivos, el mismo se titula “Impresión 3D: Cómo va a cambiar el mundo”.

El libro de Vazhnov, al igual que este trabajo, intenta trazar una predicción acerca del nivel de aceptación que podría tener esta tecnología, utilizando como base hechos históricos. Allí Vazhnov (2014), parafrasea a Keynes, sosteniendo que dentro de 100 años la humanidad solucionará completamente lo que, el propio Keynes, llamaba el problema económico, es decir, que en un futuro ya no existirá la necesidad de trabajar para crear bienes. Afirmación que Vazhnov, basándose en los avances tecnológicos, considera probable.

Haciendo foco en el nivel de utilización de las impresoras 3D, Vazhnov (2014), asegura que no todos los hogares tendrán uno de estos dispositivos. Suma además que, dentro de aproximadamente 5 años, podrá ser de uso común una impresora para elaborar comida, pero sostiene que no tendría sentido tener una impresora 3D capaz de la construcción de edificios u órganos si su uso será personal.

Bre Pettis (2015), CEO y fundador de MakerBots, una de las empresas líderes en fabricación de impresoras 3D, sostiene que se está gestando el inicio de un nuevo mercado. En los círculos de la tecnología, la gente sabe de este tipo de impresoras e inclusive personas que no son aficionadas de la tecnología ya comienzan a tener conocimiento de estos dispositivos. Pettis confía en el efecto contagio afirmando que el siguiente paso será ver a personas de nuestro mismo círculo social imprimiendo en 3 dimensiones para que suceda un efecto contagio. Esto puede suceder en unos 10 años, pero según Pettis (2015), el uso será tan común como tener un horno de microondas.

Por su parte, Barry Curry (2015), sostiene que, tiempo atrás todo el mundo creyó que las computadoras caseras eran muy impresionantes, pero que solo los nerds se iban a interesar en ellas, y lo creyeron por muchos años. Las impresoras 3D están en la misma posición, actualmente nadie tiene titanio para imprimir en su casa, nadie está imprimiendo un riñón para luego trasplantarlo, pero no significa que eso sea imposible.

Una de las empresas más importantes de la industria de las impresoras 3D, es 3D System, la cual fue fundada por el dueño de la patente de estos dispositivos, Chuck Hull. Un ex CEO de 3D System, Avi Reichental (2015), afirma que la impresión 3D no solo dará acceso al futuro a esta sociedad, sino que además va a conectarla con su propio patrimonio, y marcará el comienzo de una nueva era de fabricación localizada y distribuida que se basa, realmente, en la fabricación digital.

Además, Reichental (2015), concuerda con lo dicho anteriormente, destacando que con la impresión 3D, la complejidad es gratuita, como se ha mencionado, a la impresora no le importa si imprime la forma más rudimentaria o la más compleja, y eso está posicionando por completo a la impresora como líder del diseño y la fabricación tal como la conocemos. Mucha gente piensa que la impresión 3D será el final de la fabricación. Reinchental (2015) cree que esta es la oportunidad de poner la tecnología del futuro en las manos de los jóvenes que crearán una abundancia de oportunidades de trabajo, y con ello, todo el mundo podrá convertirse en un productor experto. Esto proveerá nuevas herramientas.

Reinchental (2015), concluye afirmando que la mejor noticia de esta tecnología es que ya no se reserva para empresas con mucho dinero, sino que estará al alcance de las personas.

2. Predicciones de expertos tecnológicos

Aún en estos tiempos se sigue dividiendo a la impresión 3D en dos categorías y cada una está pasando por un estado distinto de evolución. En los últimos cinco años, la impresión 3D para uso industrial ha pasado con éxito de ser una tecnología naciente a alcanzar la cúspide de la meseta de la productividad, señalando que la adopción de la corriente principal está comenzando a despegar.

Por el contrario, la impresión 3D de consumo sigue estando en la cima de las expectativas exageradas y requerirá más tiempo para que llegue a la adopción masiva. Como este informe tiene por alcance esta última categoría, es importante reconocer el estado actual y fundamentalmente su futuro, sobre ello opinan grandes expertos tecnológicos, especialistas en impresión 3D y empresario de la industria logística para reconocer el impacto que esperan tener en su campo laboral.

Barry Schuler (2014), ex CEO de AOL, comenta que cuando se piensa en todas estas impresoras que están imprimiendo cosas plásticas en la actualidad, se extrapola a que se puede imprimir ropa personalizada, y de esta manera, poder utilizar solo aquello que se ajuste a las necesidades de cada persona.

Según Schwab (2016), fundador del Foro Económico Mundial, la adopción generalizada de la impresión 3D hará que la fabricación distribuida y el mantenimiento de piezas de repuesto sean más fáciles y baratos. Además, la inteligencia y la información en tiempo real proporcionarán perspectivas únicas sobre los clientes y el rendimiento de los activos que amplificarán otras tendencias tecnológicas.

Como otros expertos, Schwab (2016), destaca que, si la última revolución fue de bits, la próxima será de átomos.

En cuanto a los impactos económicos provocados por la cuarta revolución industrial, Schwab (2016), los clasifica como vastos y multifacéticos, sosteniendo que será difícil diferenciar cada uno de los efectos particulares. Inclusive, afirma que las variables más significativas de la macroeconomía como son: PBI, inversión, consumo, empleo, comercio, inflación y demás, se verán afectados.

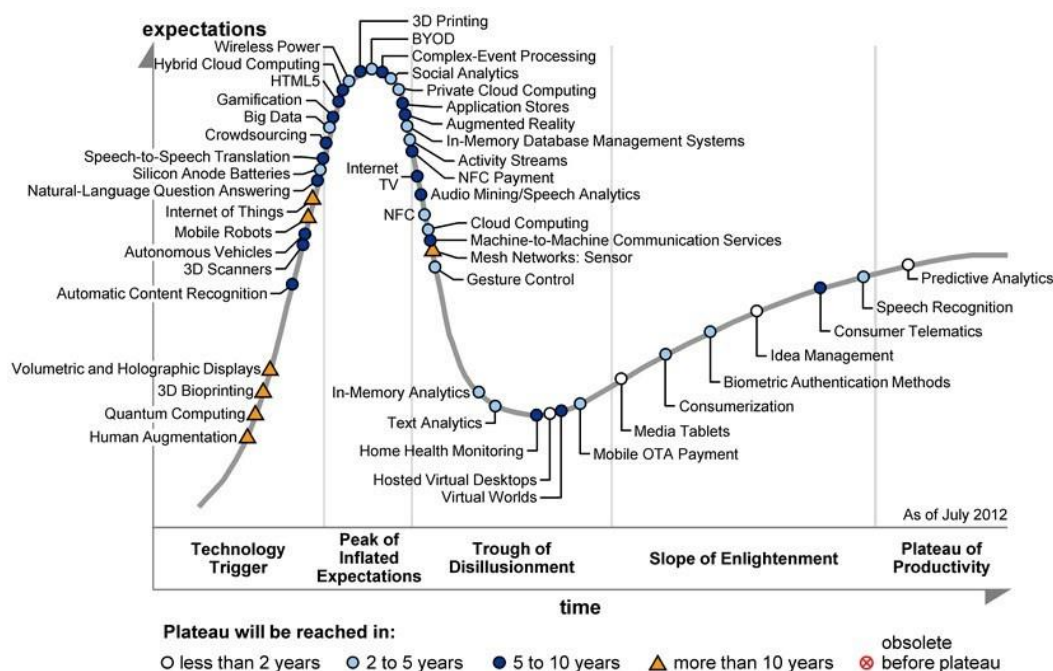
Raymond Kurzweil (2015), como es su costumbre, intenta ser más preciso con sus pronósticos y ha detallado lo que en su opinión ocurrirá. Según este pensador contemporáneo, el 2020 será la época de despegue de las impresoras 3D, sobre la que constituirá la próxima revolución tecnológica. La gran expectativa en torno a esta tecnología ha dado lugar a un gran boom. No obstante, Kurzweil (2015), cree que habrá que esperar unos años para que se extienda la impresión tridimensional como vía de obtención de un amplio número de los productos de uso cotidiano, entre ellos la ropa. Sin duda, este nuevo sistema de fabricación planteará grandes cambios en los modelos de negocio actuales. Además, el desarrollo de esta tecnología llegará incluso más allá permitiendo para dicha fecha la impresión de órganos, eso sí de forma experimental.

Según sus palabras para el informe de la campaña “El futuro es One”, Raymond Kurzweil (2015), afirma que se alargarán nuestras vidas indefinidamente. Esta tecnología está logrando imprimir para humanos órganos pequeños como laringes y traqueas, y se han empezado a hacer para animales órganos complejos como pulmones y riñones. En una década se podrá imprimir órganos reales con nuestro ADN. Generaciones anteriores se encuentran en el umbral, estas tendrán que cuidarse bien a la antigua usanza todavía, hasta llegar al punto de tener biotecnología y nanotecnología para vencer a las enfermedades. No falta mucho, pero mientras se seguirá buscando crear nuevo conocimiento y esto siempre será un reto.

La firma de consultoría McKinsey (2016) estima que el mercado de impresión en 3D crecerá entre 180.000 y 490.000 millones de dólares en 2025. De manera similar, Gartner (2011), la conocida empresa de consultoría en tecnología de la información, cree que la impresión 3D está lista para estallar y lograr una adopción generalizada. Esto se ilustra en el ciclo anual de

tecnologías emergentes de Gartner (2011), que muestra la madurez acelerada de la impresión 3D de la empresa.

Ilustración 13 - Expectativa de implementación de tecnologías disruptivas



Fuente: Gartner – “The Hype Cycle of Emerging Technologies” (2011)

Según una encuesta realizada por Deloitte y el grupo del sector de logística de MHI en 2016 a 900 profesionales de la cadena de suministros, indicó que el 14% usa actualmente la tecnología y 48% prevé adoptarla en la próxima década.

Por su parte, la reconocida firma de investigación Gartner (2011), estima que las ventas mundiales de impresoras 3D ascenderán a casi US\$4.000 millones el año que viene, frente a US\$406 millones en 2012.

En 2016 DHL publica un informe en el cual realiza las siguientes predicciones acerca de cómo se verá afecta la actual cadena de suministros:

- Menor número de etapas de producción para diseñar, prototipar y fabricar productos de alta complejidad y / o personalización
- Tiempo de entrega más rápido a través de estrategias de producción a la carta y descentralizadas.
- Reducción de costos de logística y producción: reducción de costos de envío y almacenamiento, eliminación potencial de costos de importación / exportación. A través de la producción localizada, la eliminación de nuevas herramientas de producción y modificaciones costosas a las fábricas.
- Mayor sostenibilidad y eficiencia en la producción mediante el uso de menor cantidad de material y energía en la producción de los productos terminados que pasan por varios pasos en la cadena de suministro, como almacenes antes de la entrega a las tiendas o directamente al cliente final una vez que se ha hecho un pedido.
- Por el contrario, la impresión 3D puede reducir enormemente la complejidad en la fabricación y tiene una serie de ventajas adicionales sobre las técnicas de producción convencionales.

Las empresas también pueden encontrar ahorros adicionales de la reducción de residuos de producción, así como el aumento de las prácticas comerciales sostenibles a través de la impresión 3D.

Un estudio de Airbus demostró que al rediseñar sus soportes para la impresión 3D, la compañía podría lograr una reducción del 40% en las emisiones de CO2 durante el ciclo de vida del soporte y reducir el peso del avión. La impresión 3D también permitió una reducción del 25% en los residuos de material en comparación con los métodos de fundición tradicionales.

Por su parte Ernst & Young Global (2016), ha destacado que el 11% de las empresas en su encuesta están probando y experimentando con la impresión 3D, mientras que sólo el 3% afirma

tener una experiencia significativa de impresión 3D y tiene un plan estratégico claro al más alto nivel de gestión para su futuro.

A pesar de los muchos beneficios del uso de la impresión 3D para una variedad de tipos de productos diferentes, un informe realizado por DHL (2016), sostiene que tan sólo un puñado de primeros usuarios de la industria lo han integrado como una tecnología de producción central. La excepción a esto es la industria médica y de la salud. La creación de prótesis e implantes 3D-impresos (como audífonos y coronas dentales) es ahora una práctica común.

La escala limitada de adopción es sorprendente, teniendo en cuenta el hecho de que la impresión 3D ha existido desde la década de 1980. El informe de DHL (2016), afirma que, alentados por las oportunidades para aumentar la personalización, reducir los residuos, aumentar la fabricación y entrega más localizada, muchas empresas de todos los sectores están mostrando cada vez más interés en la impresión 3D para la fabricación, y también como una fuente de nuevos modelos de negocio. La evaluación que la empresa realizó demuestra que la impresión 3D puede complementar la fabricación técnica, en lugar de sustituirla. En pocas palabras, no todos los productos se pueden imprimir en 3D. Para llegar a esta conclusión, DHL (2016) realizó una encuesta, en donde, el 38% de las empresas supone el uso de la impresión en 3D en su producción en serie dentro de cinco años, pero que no necesariamente será sustituyendo por completo la fabricación tradicional.

Sin embargo, Kückelhaus (2016), afirma que si bien en la gran mayoría de las fábricas tradicionales no se sufrirá una completa sustitución por la impresión 3D, esto si sucederá en la fabricación de bienes altamente complejos y personalizados. Esto, de hecho, ya está sucediendo en la aviación, automotriz, médica y aplicaciones sanitarias. Kückelhaus (2016), opina que, para lograr alcanzar una aplicación y adopción más amplia, las empresas deben innovar y colaborar para superar los desafíos pendientes en impresión 3D, tales como la velocidad del costo de producción y la limitada gama de materiales capaces de ser utilizados. En logística, la impresión 3D tendrá un papel mucho más prominente en las industrias de repuestos y fabricación de piezas individualizadas.

Según el informe de DHL (2016), a medida que los fabricantes adapten el uso de impresoras 3D en sus procesos de producción y cadenas de suministro, se abrirán nuevas oportunidades y pondrá a prueba a los proveedores de logística para encontrar nuevas soluciones centradas en el cliente.

Como se ha nombrado anteriormente, algunas gamas de productos pueden ser producidas a demanda, a través de la impresión 3D, de esta manera se pasarán a adoptar las nuevas soluciones regionales y la última milla de logística.

Kückelhaus (2016), afirma que, de cara al futuro, la impresión 3D sin dudas generará muchos cambios en segmentos de la industria, mejora de calidad en los productos y, en algunas empresas que permitirán generar productos que antes no eran posibles de fabricar.

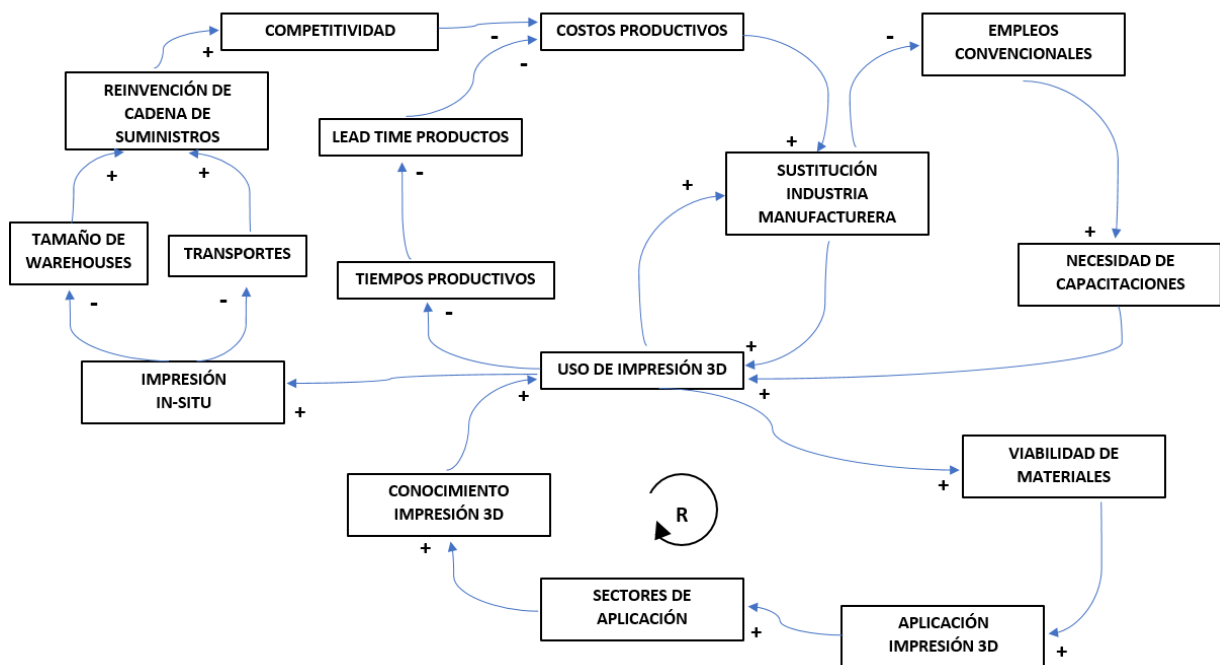
3. Análisis sistémico, propuestas y factores críticos para el éxito de la implementación

Para reconocer de manera integral todas las implicancias del uso de la impresión 3D vistas durante la tesis, se realiza un diagrama de pensamiento sistémico en donde se incluyen las siguientes variables:

- Uso de la impresión 3D: variable central del estudio.
- Viabilidad de materiales: posibilidad de utilización de materiales para imprimir en 3 dimensiones.
- Aplicación de impresión 3D: industrias capaces de usar estos dispositivos.
- Sectores de aplicación
- Conocimiento de impresión 3D: curva de aprendizaje
- Impresiones in-situ: utilización de centros de impresión ubicados cerca de los consumidores.
- Tamaño de warehouses: capacidad física para el almacenamiento de productos.
- Transportes: cantidad de traslados (de todo tipo de medio) utilizados para mover productos de B2B o B2C.
- Re invención de la cadena de suministros: adaptación de la cadena de suministros a la incorporación de la impresión 3D.

- Competitividad: búsqueda de eficacia por parte de los actores de la industria logística.
- Costos de productos: costos productivos y operativos.
- Sustitución industria manufacturera: paso de las actuales líneas productivas convencionales a la incorporación de impresoras 3D.
- Tiempos productivos: tiempo neto destinado a la fabricación de un producto.
- Tiempo de obtención de productos: tiempo de fabricación junto con tiempos logísticos.
- Empleos convencionales: empleos actuales productivos y de operadores logísticos.
- Necesidad de capacitaciones: adquisición de conocimientos para operar impresoras 3D.

Ilustración 14 - Pensamiento sistémico acerca del aceptación de la impresión 3D



Fuente: elaboración propia

Mediante este análisis sistémico se puede concluir que algunas de las razones por las que la adopción ha sido lenta incluyen: la falta de madurez tecnológica para la mayoría de las

aplicaciones de grado industrial, los altos costos de impresoras y materiales, y un conocimiento limitado de la tecnología de impresión 3D.

Con lo dicho y estando en sintonía con el informe emitido por DHL (2016) se puede afirmar que la adopción generalizada de la impresión en 3D dependerá de la realización de cinco factores clave de éxito: tecnología de materiales, velocidad y calidad del proceso, garantía y responsabilidad, problemas de propiedad intelectual y costos de impresora, material y exploración

La tecnología de materiales es un factor crítico de éxito para la impresión 3D. Si bien existe una amplia gama de materiales disponibles para la impresión 3D, sigue existiendo el reto de crear un solo objeto a partir de múltiples materiales. Hay impresoras disponibles en el mercado que pueden manejar hasta tres materiales diferentes, sin embargo, los costos siguen siendo prohibitivamente altos y los problemas de calidad persisten.

Los prototipos como la impresora MultiFab del laboratorio de inteligencia artificial (CSIT) y el laboratorio de inteligencia artificial del MIT (CSAIL) están probando la factibilidad de utilizar hasta diez materiales en un único ciclo de impresión.

La impresión multimaterial jugaría un papel fundamental en la ampliación de la gama de productos imprimibles, especialmente para la impresión 3D de consumo.

Si aumenta la posibilidad de uso de materiales se podrían conseguir mayor cantidad de objetos, aumentaría la calidad de los mismos y con ello las ventas de impresoras 3D junto con el consumo de los materiales a utilizar para la producción, es decir, superada esta gran limitación se conseguiría un salto importante en la viabilidad de producción. Aumentaría el espectro de posibilidades de uso en ambientes cotidianos e industriales.

El segundo factor de éxito para la impresión en 3D es la velocidad y la calidad del proceso. Hoy en día, una impresora FDM de grado consumidor requiere de 4-5 horas para imprimir una pelota de golf y aproximadamente 9 horas para imprimir un objeto más complejo del mismo tamaño.

Pero para lograr el éxito general, la impresión 3D debe representar una alternativa mucho más rápida a la compra en la tienda o el pedido del mismo producto en línea. Además, debe mantenerse la calidad de cada artículo, tanto en términos de estética como de integridad estructural. Entre los nuevos desarrollos para abordar los desafíos de velocidad y calidad se incluyen la tecnología HP Jet Multi Jet Fusion, así como la impresión 3D líquida de Carbon 3D que ofrece una impresión de 10 a 100 veces más rápida sin pérdida de calidad de impresión.

Esta limitación representa un obstáculo para el uso cotidiano e industrial, y es el más importante, ya que deshabilita la producción en masa. La producción de objetos mediante procesos simples como el inyectado requieren escasos segundos y es una de las variables fundamentales para su utilización debido a que en pocos minutos se consigue una gran cantidad de objetos. De superar esta limitación, la impresión 3D podría ser utilizada en las grandes industrias y, junto con su ventaja de personalización, quedaría muy bien posicionada.

Otro factor importante de éxito será el establecimiento de marcos de garantía y responsabilidad para la impresión 3D. ¿Qué sucede cuando se rompe una pieza impresa en 3D? ¿Dónde está la responsabilidad? En diferentes casos, la responsabilidad podría ser con el usuario, el fabricante de la impresora 3D, el productor del modelo digital o la empresa que utiliza la impresora 3D para entregar sus servicios. El actual marco reglamentario sigue estando insuficientemente desarrollado, sin embargo, las principales compañías de seguros como Zúrich están empezando a evaluar los riesgos de responsabilidad por los productos derivados de la impresión 3D. Las soluciones de seguros sin duda jugarán un papel importante al permitir que las compañías se protejan contra posibles reclamaciones de responsabilidad. Se debe avanzar en la determinación de responsabilidades para que el uso cotidiano sea seguro, teniendo respuesta ante eventualidades que puedan representar problemas a los usuarios.

Las compañías que tradicionalmente han competido utilizando los mejores métodos de producción tendrán que lidiar eficazmente con los desafíos de propiedad intelectual cuando comiencen a confiar en las impresoras 3D y la seguridad de sus archivos digitales como piedras angulares de su ventaja competitiva. Si una empresa pierde la protección de sus archivos, los terceros pueden ser capaces de replicar sus productos. En el sector manufacturero, esto podría

plantear el mismo tipo de problemas enfrentados por las empresas de medios de hoy con la piratería de música digital y archivos de vídeo.

El quinto factor de éxito para esta tendencia serán los costos de adquisición de las impresoras 3D. Los precios más bajos serán críticos para la futura adopción masiva de la impresión 3D. Muchas avanzadas impresoras industriales 3D en el pasado eran demasiado costosas para su uso generalizado. Sin embargo, las máquinas de alta calidad que funcionan con la tecnología SLA están disponibles hoy por algunos miles de dólares.

Otras impresoras de alto rendimiento como Ultimaker y MakerBot cuestan sólo unos pocos cientos de dólares, lo que da indicios prometedores de que las impresoras 3D seguirán haciéndose más y más asequibles en el futuro. Entre 2010 y 2016, el precio medio de las impresoras 3D disminuyó en torno al 30%. Se prevén reducciones adicionales a una tasa del 6% anual hasta 2019.

Además de las impresoras físicas requeridas para la producción, otros aspectos del costo son los materiales y la creación de archivos CAD. Los materiales de impresión en 3D son más caros que la compra de materias primas.

Escanear un objeto complejo para convertirlo en un archivo CAD robusto normalmente requiere servicios de exploración de gama alta que puede costar desde varios cientos de dólares a varios miles de dólares y puede tomar días para completar. A través de mejoras en las tecnologías de escaneo de bajo costo, debería ser posible escanear objetos usando dispositivos móviles más asequibles. Por ejemplo, la startup “*Eora 3D*” ha lanzado una campaña de crowdfunding muy exitosa para desarrollar un escáner láser de alta precisión y bajo costo que será totalmente alimentado vía smartphone.

En combinación, cuando se logren estos cinco factores de éxito, se garantizará la adopción de la impresión en 3D en los contextos del uso cotidiano y empresarial. Y una vez que se cumplan estos factores de éxito, se presentarán oportunidades únicas y retos a las cadenas de suministro globales que sustentan las economías manufactureras actuales.

CAPÍTULO 5: Conclusiones y propuestas

5.1. Generalidades de la conclusión

Mientras que las expectativas y el optimismo para la impresión 3D continúan incrementándose tanto en el contexto del consumidor como en el de la empresa, las preguntas clave siguen siendo: ¿La impresión 3D realmente interrumpirá en la fabricación global? ¿La impresión 3D hará que las tradicionales fábricas queden obsoletas? ¿Y, en consecuencia, los volúmenes logísticos se interrumpen? Las respuestas a estas preguntas dependen en gran medida de los cambios en la economía, nuevos avances tecnológicos y futuros niveles de adopción de impresión en 3D. En la actualidad, muchos de los principales analistas de la industria y del mercado están haciendo predicciones de crecimiento para la impresión 3D. Por ejemplo, la consultora Gartner (2011), cree que la impresión 3D está lista para lograr una adopción generalizada.

Estando en línea con los autores hasta aquí citados, se puede afirmar dentro de los próximos 10 años la impresión en 3D no se utilizará para producir en masa cualquier cosa y todo, como los productos básicos. En cambio, las ventajas y aplicaciones prometedoras de la impresión 3D destacadas en los capítulos anteriores ilustran que el mayor potencial de la tecnología reside en su capacidad para simplificar la producción de productos y piezas altamente complejas y personalizables. Para las empresas que participan en este tipo de fabricación, la impresión 3D podría convertirse en una fuerza disruptiva que en el futuro redefine las estrategias tradicionales de fabricación y cadena de suministro.

Las aplicaciones de impresión en 3D para el consumidor han tendido a centrarse en la creación de gadgets y trucos, pero hoy en día existe una amplia variedad de aplicaciones de impresión 3D significativas. Esto puede atribuirse al auge de la cultura *craft* que está difuminando la distinción entre productor y consumidor, creando un nuevo fenómeno, que autores como Anderson denominan prosumerismo (*producer* + *consumer*). La impresión 3D puede ayudar a los consumidores a diseñar y crear sus propios productos para satisfacer sus gustos y requerimientos individuales. Un área donde hay una abundancia de actividad en el uso de la impresión 3D es el

desarrollo educativo. La impresión 3D está siendo probada por muchas escuelas, así como en los hogares para repensar la forma en que los estudiantes se involucran y aprenden.

Los modelos 3D se pueden crear en una tablet o smartphone y enviarse de forma inalámbrica a una impresora 3D. Además de las herramientas de impresión 3D creativas para niños, cada vez son más las aplicaciones de impresión 3D de consumo que están disponibles. Por ejemplo, los consumidores que quieren diferenciarse a través de la moda y la joyería ahora pueden utilizar la impresión 3D para expresar la creatividad de una manera personalizada.

La capacidad de producir objetos complejos de manera autónoma en un entorno remoto es muy solicitada por las empresas de extracción de recursos, agencias espaciales y militares. Las primeras aplicaciones de trabajo existen y muchas más están siendo desarrolladas y probadas en el campo. La impresión 3D se puede utilizar para llevar la fabricación a áreas remotas, de difícil acceso.

De cumplirse esta predicción sobre el uso de las impresoras 3D en el ámbito cotidiano, se puede concluir en que su implementación no amenaza a la industria logística de manera que ponga en riesgo su desaparición o caída drástica en los próximos 10 años, pero sí que si la impresión 3D se implementa en la categoría de empresas va a tener que rever sus prácticas para que la baja en el transporte de materiales no afecte su campo de trabajo, es decir, que deberá reconvertirse para aumentar su productividad y poder acompañar este movimiento para no solo no salir afectada negativamente sino que pueda sacar rédito de la impresión 3D que a priori se presenta como una aparición amenazante.

5.2. Impacto en economías en desarrollo como la Argentina

Es importante reflexionar sobre lo que todo esto podría significar para los países en vías de desarrollo como Argentina. Fases anteriores de la revolución industrial todavía no han llegado a muchos de los ciudadanos de este país, que aún no tienen acceso a la electricidad, agua potable, saneamiento y muchos tipos de bienes de capital que se dan por sentados en las economías

avanzadas. A pesar de esto, la nueva revolución industrial afectará inevitablemente a las economías en desarrollo.

Hasta ahora, el impacto exacto de la nueva revolución industrial está por verse. En las últimas décadas, aunque ha habido un aumento de la desigualdad dentro de los países, la disparidad entre estos ha disminuido significativamente. ¿Corre la nueva revolución industrial el riesgo de estrechar las brechas entre las economías que hemos visto cerrarse hasta la fecha en términos de ingresos, conocimientos, infraestructuras, finanzas y otros aspectos? ¿o acaso las tecnologías y los rápidos cambios serán aprovechados para el desarrollo y para acelerar los saltos tecnológicos?

A estas preguntas, de difícil respuesta, se les debe prestar la atención necesaria, incluso en un momento en el cual las economías más avanzadas están preocupadas por sus propios retos. Asegurarse de que zonas enteras del mundo no se queden atrás no es un imperativo moral, sino una meta crítica que mitigaría el riesgo de inestabilidad mundial debido a retos geopolíticos y de seguridad como los flujos migratorios.

Un escenario desafiante para los países de bajos ingresos es si la nueva revolución industrial conducirá a importantes relocalizaciones de la fabricación global hacia las economías avanzadas, algo muy verosímil si el acceso a mano de obra de bajo costo ya no guía la competitividad de las empresas. La capacidad para desarrollar sectores manufactureros fuertes al servicio de la economía mundial basados en ventajas de costos es un camino bien conocido hacia el desarrollo, que permite que los países acumulen capital, se beneficien de la transferencia de tecnología y aumenten los ingresos.

Si este camino se cierra, muchas naciones tendrán que repensar sus modelos y estrategias de industrialización. Si, y cómo, las economías en desarrollo pueden aprovechar las oportunidades de la nueva revolución industrial, es un asunto de gran importancia para el mundo, es esencial investigar más y crear más pensamiento crítico para comprender, desarrollar y adaptar las estrategias necesarias.

El peligro es que la nueva revolución industrial signifique una dinámica en donde el ganador se lo lleva todo, se produzca entre los países y dentro de ellos. Esto aumentaría aún más los conflictos y las tensiones sociales, y crearía un mundo menos cohesionado y más volátil, sobre todo porque las personas son hoy mucho más conscientes y sensibles a las injusticias sociales y las discrepancias en cuanto a las condiciones de vida entre los diferentes países. A menos que los líderes de los sectores público y privado les aseguren a los ciudadanos que están ejecutando estrategias creíbles para mejorar la vida de todos, el malestar social, las migraciones masivas y el extremismo violento se podrían intensificar, lo cual conllevaría riesgos para los países en todas las etapas de desarrollo. Es crucial que las personas crean que pueden contar con un trabajo significativo que les permita mantenerse a sí mismas y a sus familias, pero ¿qué pasa si no hay suficiente demanda de trabajo o si las capacidades disponibles ya no coinciden con la demanda?

5.3. Un futuro que no tiene límites

La evolución de la impresión 3D está a punto de traer aplicaciones radicalmente nuevas. MIT está actualmente probando la impresión 4D que añade la dimensión del cambio a los objetos impresos en 3D. Los objetos impresos en 4D pueden auto ensamblarse y ajustar la forma cuando se enfrentan a un cambio en su entorno (por ejemplo, cuando se sumergen en agua o experimentan un cambio de temperatura). Posibles aplicaciones futuras abarcan múltiples industrias.

Entender que se están construyendo tuberías de agua que se encogen o expanden dependiendo del flujo de agua, o neumáticos que se adaptan a las superficies mojadas y cambian de nuevo a su tamaño original y la presión cuando las carreteras están secas de nuevo, nos deja en la clara posición de que el entorno está cambiando y para muchas empresas esto puede volver a recordarles la frase ya conocida de: *adáptate o muere*.

Bibliografía:

Airbus, “Printing the future: Airbus expands its applications of the revolutionary additive layer manufacturing process”. <http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/printing-the-future-airbus-expands-its-applications-of-the-revolutionaryadditive-layer-manufacturi>. 2 de Febrero de 2015.

AEB White Paper, “Six theories about how 3D printing will change logistics”, AEB GmbH. 6 de Noviembre de 2014.

Andrei Vazhnov, “Impresión 3D: Cómo va a cambiar el mundo”, Editorial Baikal, 2013.

Alday Ruiz, “The Transition Between the Last Hunter-Gatherers and the First Farmers in Southwestern Europe: The Basque Perspective”, Journal of Anthropological Research.

Ariana Eunjung Cha, “Watson’s next feat? Taking on Cancer”, The Washington Post, 27 de Junio de 2015.

B. Berman, “3-D Printing: The New Industrial Revolution. Business Horizons”. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>, 2012.

B. Garrett, “3D Printing: New Economic Paradigms and Strategic Shifts. Global Policy”, <http://dx.doi.org/10.1111/1758-5899.12119>. 2014.

Bak, D., “Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter”, Assembly Automation. 2003.

Basiliere, P., “3D Printing: The Hype, Reality and Opportunities – Today”. http://www.gartner.com/it/content/2589000/2589023/october_1_3d_printing.pbasiliere.pdf?userI
d=13498280. Mayo de 2015

Bernand Meyerson, “Top 10 technologies of 2015”, Metaconsejo sobre tecnologías emergentes, Foro Económico Mundial, 4 de Marzo de 2015.

Bertrand Russell, “In Praise of Idleness”, Routledge, 1935.

Bhasin, V., Bodla, M.R., Division., M.I. of T.E.S. and Phadnis., S., “Impact of 3D printing on global supply chains by 2020”. 2014

Birtchnell, T., Urry, J., Cook, C. and Curry, A., “Freight miles: the impact of 3D printing on transport and society”. 2013.

Burke, T., “3D Printing Is Here, but It Must Be Safe to Stay”, Baseline. 2014.

C. Beyer, “Strategic Implications of Current Trends in Additive Manufacturing”, Journal of Manufacturing Science and Engineering. <http://dx.doi.org/10.1115/1.4028599>. 2014

C. Escobar, “Tipos de impresoras 3D en función de la tecnología de impresión 3D que emplean”, <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102883975-tipos-de-impresoras-3d>. 2 de Septiembre de 2016.

Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, “Technology at work. The future of innovation and employment”, Oxford Martin School y Citi, Febrero 2015.

Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, “The future of employment. How susceptible are jobs to computerization?”, Oxford Martin School, Programa sobre los impactos de la tecnología futura, Universidad de Oxford, 17 de Septiembre de 2013.

Catts, T., “GE Turns to 3D Printers for Plane Parts”, <http://www.bloomberg.com/bw/articles/2013-11-27/generalelectric-turns-to-3d-printers-for-plane-parts>. Mayo de 2013

Charron, T.,” Building your 3-d digital inventory to include everything you

Chris Anderson, “Makers: The new industrial revolution”, Crown Publishing Group. 2 de Octubre de 2012.

Cohen, D., Sargeant, M. and Somers, K., “3-D printing takes shape. McKinsey

Daniel Pink, “Free Agent Nation” – the future of working for yourself”, Grand Central Publishing 2001.

David Isaiah, “Automotive grade graphene. The clock is ticking”, Automotive World, 26 de Agosto de 2015.

Departamento de trabajo de Estados Unidos, “Preliminary multifactor productivity trends, 2014”, Oficina de Estadísticas Laborales, 23 de Junio 2015.

Elms, D.K. and Low, P., “Global value chains in a changing world”. Geneva:

Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee, “The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies”. W. W. Norton & Company, 2014.

Farhand Manjoo, “Uber’s business model could change your work”, The New York Times, 28 de Enero de 2015.

Fawkes, P., “How IKEA Will Build Business with the Connected Home & 3D Printing Trends”. PSFK. <http://www.psfk.com/2014/07/ikea-3dprinting-smart-home.html>. 2014.

Ford, “Building in the Automotive Sandbox”. Ford Corporate. Available at: <https://corporate.ford.com/innovation/building-in-the-automotive-sandbox.html>. 2015.

Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., Ramani, K., Chen, Y., Williams, C. B., Wang, C. C. L., Shin, Y. C., Zhang, S., & Zavattieri, P. D., “The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering”. Computer-Aided Design. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>. 2015

Geelhoed, A., “3D Printing: The New Industrial Revolution That Will Change the Landscape of Credit Risk Management. Business Credit”. 2014

General Electric, “Transforming Manufacturing, One Layer at a Time. General Electric: Advanced Manufacturing” <http://www.ge.com/stories/advanced-manufacturing>. 1 de Noviembre de 2015.

General Electric, “Transforming manufacturing, one layer at a time”, <http://www.ge.com/stories/advanced-manufacturing>. 5 de Enero 2015.

Giurco, D., Littleboy, A., Boyle, T., Fyfe, J. and White, S., “Circular Economy: Questions for Responsible Minerals, Additive Manufacturing and Recycling of Metals”. 2014

Goldin, M., “Hershey’s 3D Chocolate Printer Will Make Your Mouth Water (video)” Mashable. 5 de Enero 2015

H. W. Chesbrough, “The Era of Open Innovation”, MIT Sloan Management Review. 2003

<http://www.3dprinterstocks.com/a-list-of-3d-printing-companies>. 24 de Mayo de 2015.

Huang, S.H., Liu, P., Mokasdar, A. and Hou, L., “Additive manufacturing and its societal impact: a literature review”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2013

in the Aircraft Spare Parts Supply Chain”, University of Cincinnati. 2012

its impact on supply chain management”. Logistics Research Network Annual. 2014

J. Bradford DeLong, “Making do with more”, project syndicate, 26 de Febrero de 2015.

Jacob G. Foster, Andrey Rzhetsky y James A. Evans, “Tradition and innovation in scientists research strategies”, American Sociological review, N° 80 (Octubre 2015).

James Manyika y Michael Chui, “Digital era brings hyperscale challenges”, The financial times, 13 de Agosto de 2014.

Janssen, G. R., Blankers, I. J., Moolenburgh, E. A., & Posthumus, A. L.. TNO, “The Impact of 3-D Printing on Supply Chain Management. The Hague” Netherlands: TNO. 2014.

John Maynard Keynes, “Economic possibilities for our grandchildren”, en Essays in persuasion, harcourt Brace, 1931.

K. A. Wetterstrand, “DNA sequencing costs. Data from the NHGRI Genome sequencing program (GSP)”, Instituto Nacional de Investigación sobre el Genoma Humano, 2 de Octubre de 2015.

K. Schwab, “The Fourth Industrial Revolution”, Penguin Random House. Noviembre de 2016.

Kara, A. and Kaynak, E., “Markets of a single customer: exploiting conceptual developments in market segmentation”, European Journal of Marketing. 1997

Kianian, B., Larsson, T. and Tavassoli, M., “Manufacturing Renaissance: Return of manufacturing to western countries”. Green Design, Materials and Manufacturing Processes. 2015

Kieviet, A., “Implications of additive manufacturing on complexity management within supply chains in a production environment”. 2014.

Kleinschmidt, A., “From Powders to Finished Products”. Siemens. <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/additive-manufacturing-from-powders-to-finished-products.html>. 2014.

Larry Greenemeier, “To Print the Impossible”, Scientific American, 16 de Abril de 2013.

Lee, L., “3D Printing – Transforming The Supply Chain: Part 1. IBM Insights on Business: Electronics Industry”, <http://insights-on-business.com/electronics/3d-printingtransforming-the-supply-chain-part-1>. 26 de Abril de 2013.

Lee, L., “3D Printing – Transforming The Supply Chain: Part 1”, Electronics industry. <http://insights-on-business.com/electronics/3d-printingtransforming-the-supply-chain-part-1>. 2013.

Lipson, H. and Kurman, M., “Fabricated: The new world of 3D printing” John Logistics Industry”. Transport Intelligence. 2012

Lynda Gratton, “The shift. The future of work is already here” Collins, 2011.

Manners-Bell, J. and Lyon, K., “The Implications of 3D Printing for the Global Manufacture”, Appliance Design. 2014.

Markus Kückelhaus, “3D Printing and the future of supply chains - A DHL perspective on the state of 3D printing and implications for logistics”, DHL. Noviembre 2016.

Mohr, S., “The Impact of 3D Printing on Future Supply Chains. Master's Thesis, Technical University of Denmark”, Copenhagen. 2015.

Mokasdar, A.S., “A Quantitative Study of the Impact of Additive Manufacturing

Neely, E.L., “The Risk of Revolution: Ethical dilemmas in 3D printing”. CEPE/ETHICOMP Joint Meeting. 2014

Novak, S. and Eppinger, S.D., “Sourcing by design: Product complexity and the supply chain. Management science”. 2001.

OECD, “The future of productivity”, Julio de 2015.

Oficina de estadística Nacional de Reino Unido, “Surviving to age 100”, 11 de Diciembre de 2013.

P. Breciartua, “En marcha, una nueva revolución industrial 4.0 que cambiará la manera de trabajar”, La Nación. 2 de Noviembre de 2014.

P. Rivera, “2020 será el año de la impresión 3D, el entorno virtual y el fin de las enfermedades”, <http://www.media-tics.com/noticia/4222/tecnologias-emergentes/2020-sera-el-ano-de-la-impresion-3d-el-entorno-virtual-y-el-fin-de-las-enfermedades.html>. 2 de Septiembre de 2014.

Parker, J., 2014. “A List of 3d Printing Stocks”. 3dPrinterStocks.

Petrick, I.J. and Simpson, T.W., “3D Printing Disrupts Manufacturing How Economies of One Create New Rules of Competition”. Research technology management. 2013

Pwc, “3D printing and the new shape of industrial manufacturing”, pwc & Manufacturing Institute (MI). Junio de 2014.

Quarterly”. Enero de 2014.

R. Batchelor, “Henry Ford: Mass Production, Modernism, and Design”. Manchester, UK: Manchester University Press. 1994

R. Buckminster Fuller y E. J. Applewhite, “Synergetics. Explorations in the geometry of thinking”, Macmillan, 1975.

Rayna, T. and Striukova, L., “The impact of 3D printing technologies on business model innovation”. In: Digital Enterprise Design & Management. Springer, 2014.

Reeves, P., “Additive Manufacturing – A supply chain wide response to economic uncertainty and environmental sustainability”. Econolyst Limited, 2009

Robbert Janssen, Iris Blankers, Ewoud Moolenburgh, Bineke Posthumus “TNO: The impact of 3D Printing on supply chain management”, TNO innovation for life. Abril de 2014.

Ronald H. Ballou, “Logística. Administración de la cadena de suministro”, Pearson. 2004.

S. Monahan, J. Staub, A. Ginsburg, F. Qureshi, M. Hu, A. Detwiler, K. Rosario, “3D printing a manufacturing revolution”, AT Kearney. 2015.

Sacharen, C., “IBM Research: Collaborative Manufacturing as a Service in the Cloud”. IBM research. <http://ibmresearchnews.blogspot.dk/2014/12/collaborative-manufacturing-as-service.html>. Abril de 2015.

Sarah Laskow, “The strongest, most expensive material on earth”, The atlantic.

Sarah O’Connor, “The humand cloud. A new world of work”, The financial Times, 8 de Octubre de 2015.

Sebastian Mohr and Omera Khan, “3D Printing and Its Disruptive Impacts on Supply Chains of the Future”, Technology Innovation Management Review, Noviembre de 2015.

Sebastian Mohr and Omera Khan, “3D Printing and Supply Chains of the Future”, Innovations and Strategies for Logistics and supply chains. Agosto de 2015

Simmons, D., “Airbus had 1,000 parts 3D printed to meet deadline. BBC News. <http://www.bbc.com/news/technology-32597809>. 2015

T. Birtchnell,, J. Urry, C. Cook, F. Miles, “The Impact of 3D Printing on Transport and Society”, Report: ESRC Project ES/J007455/1. Lancaster, UK: Lancaster University; Economic & Social Research Council; The Futures Company. Abril de 2013.

T. S. Campbell, C. Williams, O. Ivanova, B. Garrett, “Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing”, Washington, DC: Atlantic Council. 2011

- Tanenbaum, J.G., Williams, A.M., Desjardins, A. and Tanenbaum, K., “Democratizing technology: pleasure, utility and expressiveness in DIY and maker practice”. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2013
- Tien, J.M., “The next industrial revolution: Integrated services and goods”, Journal of Systems Science and Systems Engineering. 2012
- Tom Goodwin, “In the age of disintermediation the battle is all for the consumer interface”, TechCrunch, Marzo de 2015.
- Tuck, C. and Hague, R., “The pivotal role of rapid manufacturing in the production of cost-effective customised products”. International Journal of Mass Customisation, 2006
- Tudball, M., “3D printing revolution”. ICIS Chemical Business. 2013.
- W. Dante, “Top 10 3D Printing Industry Trends for 2015 – 3D Printing Predictions. Association of 3D Printing”, <http://associationof3dprinting.com/top-10-3d-printing-industrytrends- for-2015-3d-printing-predictions>. 29 de Diciembre de 2014.
- Waller, M.A. and Fawcett, S.E., “Click Here to Print a Maker Movement Supply Chain: How Invention and Entrepreneurship Will Disrupt Supply Chain Design”. Journal of Business Logistics. 2014
- Walter, M., Holmström, J., Tuomi, H. and Yrjölä, H., “Rapid manufacturing and
- Wigan, M.R., “Transport Replacement and Sustainability aspects associated with Additive manufacturing”. 2014
- Wiley & Sons. 2013
- Wohlers, T., “Wohlers Report 2014: 3D printing and additive manufacturing state of the industry” Wohlers Associates. 2014
- World Trade Organization. 2013.
- Yochai Benkler, “The Wealth of Networks”, Yale University Press, 2006.